

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
M.Eng.

PAR
ANNIE BOUCHER

ÉTABLISSEMENT DES COMPOSANTES ET DES CARACTÉRISTIQUES D'UN
LABORATOIRE VIRTUEL DE GESTION DE PROJETS EN CONSTRUCTION DE
BÂTIMENTS

MONTREAL, LE 6 FÉVRIER 2007

**ÉTABLISSEMENT DES COMPOSANTES ET DES CARACTÉRISTIQUES
D'UN LABORATOIRE VIRTUEL
DE GESTION DE PROJETS EN CONSTRUCTION DE BÂTIMENTS**

Annie Boucher

SOMMAIRE

Ce travail a pour but d'analyser les caractéristiques et les éléments d'un laboratoire virtuel en gestion de projets de construction de bâtiments afin que celui-ci puisse être fonctionnel. Ce laboratoire pourrait devenir un outil de base susceptible d'aider les différents intervenants impliqués dans un projet de construction. Ils pourront obtenir divers rapports et documents durant le processus de gestion de projets.

Un schéma ainsi qu'une description complète des divers menus qui composent le laboratoire virtuel est présenté au lecteur. Le fonctionnement de ce laboratoire est assuré par l'interaction des tableurs contenant les données du projet.

Le laboratoire virtuel est conçu afin de permettre son utilisation pendant la phase de projets d'avant-projet par les donneurs d'ouvrage et les architectes, la phase de réalisation de projet par les donneurs d'ouvrage, les entrepreneurs et les sous-traitants puis la phase de clôture de projet par les entrepreneurs et les sous-traitants.

Enfin, un parallèle avec les notions de la dernière édition du PMBOK est illustré au dernier chapitre de cet ouvrage. Ainsi, le laboratoire suivra les tendances les plus récentes en matière de gestion de projets.

ABSTRACT

This work proposes a virtual laboratory intended for building construction project management. The objective of the virtual laboratory is to help the members involved during all the project phases. They will be able to make scenarios, choose different kind of building details in order to manage the time, the budget and the quality of the project. When a project is saved, the user will be able to generate different reports to expedite the efficiency of the management during the project. The work is presently at the prototype phase.

A schema of the laboratory is also presented to allow readers to understand the interaction of the different tables that run the simulations. All the project phases are explained so the reader will associate the real situations to theoretical cases. Finally, another schema is presented to illustrate the interaction with the PMBOK notions.

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

Le laboratoire virtuel en gestion de projets de construction a été conceptualisé pour combler un manque d'outils de travail en gestion de projets de construction. Il est possible, en 2006, d'élaborer un outil informatique intégré en une plateforme. Le domaine de la construction doit innover afin de suivre les développements informatiques disponibles.

Cette rédaction a pour but de faciliter le travail du gestionnaire de projets de construction. Cet ouvrage servira de référence en matière de gestion de projets du domaine de la construction. Des limites concernant l'aspect de la programmation des interactions entre les logiciels et la base de données ainsi que la compatibilité de certaines applications employées peuvent freiner le développement du projet. Ce travail fait partie d'une série de travaux à être exécutés pour arriver au produit final que sera le laboratoire virtuel. Il a aussi déjà fait l'objet d'une présentation et un article dans les actes de la conférence internationale 'Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering' (Conference Proceedings, 2006) qui a eu lieu à Montréal du 14 au 16 juin 2006.

Tout au long de mon travail, j'ai été épaulée par plusieurs personnes. Ils font partie de différents groupes : ma famille et belle famille, mes amis, mes collègues professeurs de l'École de technologie supérieure ainsi que les membres du jury.

Ma famille, dont mon conjoint, ont été très compréhensifs par rapport à mon occupation durant mes trois années d'études. Ils ont su s'adapter à mon horaire assez changeant. Comme il y a des professeurs à la retraite dans ma belle-famille, j'ai pu les consulter, à leur grand plaisir, pour les questions grammaticales et syntaxiques de mon travail. Mes amis ont aussi été d'une grande écoute tout au long de mon cheminement scolaire. Plusieurs ont pu me donner des trucs afin de passer à travers cette étape importante.

Certains professeurs du département Génie de la construction ont aussi été consultés à quelques reprises concernant certains points théoriques ou tout simplement pour divers conseils d'ordre pratique lors de la rédaction de ce travail.

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, monsieur Edmond T. Miresco pour les nombreuses discussions et mises au point qui ont aidé à dresser la ligne de conduite de mon travail.

Je remercie également messieurs les membres du jury, M. Robert Leconte et M. Adel Francis pour avoir accepté d'être impliqués dans le présent travail de recherche.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
SOMMAIRE	i
ABSTRACT	ii
AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	viii
LEXIQUE	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 ÉTAT DE LA QUESTION	4
1.1 Domaines d'application des laboratoires virtuels existants	5
1.1.1 Enseignement	6
1.1.2 Recherche	8
1.2 Champs d'application pour les laboratoires virtuels de gestion de projets de construction	10
1.2.1 Contexte	11
1.2.2 Logiciels de simulation spécifiques au domaine de la construction	13
1.2.3 Mise en contexte du laboratoire virtuel	24
CHAPITRE 2 COMPOSANTES DU LABORATOIRE VIRTUEL	26
2.1 Schématisation du laboratoire	26
2.1.1 Étude de faisabilité	28
2.1.2 Estimation	33
2.1.3 Soumission	35
2.1.4 Planification	37
2.1.5 Approvisionnements	39
2.1.6 Réalisation	40
2.1.7 Qualité	42
2.2 Logiciels utilisés	43
2.3 Structure des fichiers	45
CHAPITRE 3 CARACTÉRISTIQUES DU LABORATOIRE VIRTUEL	48
3.1 Accessibilité et définition des usagers	48
3.1.1 Donneurs d'ouvrages	50
3.1.2 Professionnels	51

3.1.3	Entrepreneurs généraux.....	51
3.1.4	Entrepreneurs spécialisés	52
3.2	Extranet proposé.....	53
3.2.1	Caractéristiques	53
3.2.2	Aspect visuel du laboratoire.....	54
3.2.2.1	Écran de bienvenue	54
3.2.2.2	Menu de l'étape 'Étude de faisabilité'	56
3.2.2.3	Menu de l'étape 'Estimation'	65
3.2.2.4	Menu de l'étape 'Soumission'	71
3.2.2.5	Menu de l'étape 'Planification'.....	75
3.2.2.6	Menu de l'étape 'Approvisionnements'.....	87
3.2.2.7	Menu de l'étape 'Réalisation'	93
3.2.2.8	Menu de l'étape 'Qualité'	101
3.2.2.9	Menu de l'étape d'enregistrement.....	105
CHAPITRE 4 RELATION AVEC LE PMBOK		107
4.1	Schématisation du laboratoire virtuel selon le PMBOK	107
4.2	Groupes de processus.....	108
4.2.1	Démarrage	108
4.2.2	Planification	109
4.2.3	Exécution.....	110
4.2.4	Clôture.....	110
4.2.5	Surveillance et maîtrise	110
4.3	Domaines de connaissances	111
4.3.1	Contenu du projet.....	111
4.3.2	Coûts du projet	112
4.3.3	Délais du projet	112
4.3.4	Approvisionnements du projet	113
4.3.5	Ressources humaines du projet	114
4.3.6	Communications du projet	114
4.3.7	Risques du projet.....	115
4.3.8	Qualité du projet.....	115
CONCLUSION		117
RECOMMANDATIONS.....		119
ANNEXE 1 SITES WEB DES APPLICATIONS DU DOMAINE DE LA CONSTRUCTION		120
ANNEXE 2 EXEMPLE D'APPLICATION DU LABORATOIRE VIRTUEL		124
BIBLIOGRAPHIE		133

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	Matériaux de construction.....	29
Tableau II	Caractéristiques du bâtiment.....	30
Tableau III	Coupes-types	31
Tableau IV	Plans et devis.....	32
Tableau V	Informations sur le projet	33
Tableau VI	Estimé.....	34
Tableau VII	Analyse de risque des coûts	35
Tableau VIII	Échéancier	38
Tableau IX	Analyse de risque du projet.....	38
Tableau X	Fournisseurs	40
Tableau XI	Liste des bons de commandes.....	40
Tableau XII	Rapports d'avancement.....	41
Tableau XIII	Flux monétaire	42
Tableau XIV	Liste des logiciels existants classés par catégories.....	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Illustration du schéma des tâches de l'excavation en construction	19
Figure 2	Éléments modélisés de la méthode PICASSO	21
Figure 3	Collaboration des directeurs de projets	23
Figure 4	Schématisation du laboratoire virtuel de gestion de projet de construction de bâtiments.....	27
Figure 5	Schématisation des équipements informatiques composant le laboratoire virtuel	46
Figure 6	Interaction entre les intervenants selon la phase du cycle de vie d'un projet	49
Figure 7	Menu de bienvenue	56
Figure 8	Menu Faisabilité.....	62
Figure 9	Menu de l'Information sur le projet.....	63
Figure 10	Menu Plans & Devis	65
Figure 11	Menu Estimé	71
Figure 12	Menu Formulaire de soumission.....	74
Figure 13	Schématisation du réseau CPM.....	82
Figure 14	Menu Planification	87
Figure 15	Menu Bons de commande	93
Figure 16	Courbes résultantes du calcul de la valeur acquise	99
Figure 17	Menu Rapports d'avancement	101
Figure 18	Menu Rapports qualité	105
Figure 19	Menu de sauvegarde et fin de la session de travail	106
Figure 20	Schématisation du laboratoire virtuel dans le contexte des notions appliquées au PMBOK.....	107

LEXIQUE

Application : Programme, ou ensemble de programmes, destiné à aider l'utilisateur d'un ordinateur pour le traitement d'une tâche précise (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

Authentification : processus de découverte et de vérification de l'identité d'une entité de sécurité par l'examen des informations d'authentification de l'utilisateur et par leur validation auprès de l'autorité appropriée (www.msdn.microsoft.com, 2006).

Cluster (Grappe de serveurs) : On parle de grappe de serveurs ou de ferme de calcul (cluster en anglais) pour désigner des techniques consistant à regrouper plusieurs ordinateurs indépendants (appelés nœuds, node en anglais) pour permettre une gestion globale et dépasser les limitations d'un ordinateur (fr.wikipedia.org, 2006).

Commerce électronique : Version française du e-commerce. Commerce dans lequel les transactions financières se déroulent entièrement ou partiellement sur un réseau informatique (www.tout-savoir.net, 2005).

Communauté virtuelle : Est un regroupement souvent informel, d'individus par les technologies Internet : Forums, Web ou Liste de diffusion. La communauté est bien réelle, cependant les parties-prenantes ne se trouvent jamais nécessairement connectées simultanément au même moment, et surtout, elles ne se trouvent pas au même endroit : la communauté est donc *virtuelle* en ce sens. Par contre, les individus prenant part à la communauté virtuelle sont fréquemment animés par les mêmes aspirations en ce qui concerne l'objet de la communauté; il n'est pas rare que des rencontres *analogiques* (hors des interactions via Internet) ne soient pas concluantes et que les personnes concernées préfèrent s'en tenir à des échanges électroniques (fr.Wikipedia.org, 2006).

Cyberespace : L'espace virtuel qu'on trouve dans les ordinateurs ou entre eux, dans les réseaux (www.tout-savoir.net, 2005).

Disque dur SAS : Signifie 'Serial Attached SCSI'. Il vient remplacer le bus SCSI actuel et dépasse ses limites en termes de performances, en y apportant le mode de

transmission de données en série de l'interface SATA (solutions.journaldunet.com, 2006).

e-commerce : Jargon inventé par IBM pour parler du commerce électronique (www.tout-savoir.net, 2005).

Environnement virtuel : Représentation numérique d'un environnement en 3D, imitant le monde réel ou proposant un monde imaginaire, dans lequel on peut évoluer de façon interactive. Note(s) : Un monde virtuel est formé d'un ensemble cohérent d'objets modélisés en 3D avec lesquels on peut interagir (Banque de terminologie du Québec, 2006).

Équipe : 1. Groupe de personnes travaillant à une même tâche ou unissant leurs efforts dans le même dessein (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

Extranet : L'utilisateur se connecte via une connexion Internet au réseau interne (LAN/WAN) (Preston, McCrohan, 1998).

Intranet : Réseau interne (LAN/WAN) par lequel un usager peut accéder, par un ordinateur connecté sur place, aux diverses fonctionnalités réseau de la compagnie (Preston, McCrohan, 1998).

Laboratoire : 1. Local aménagé pour faire des recherches scientifiques, des analyses biologiques, des essais industriels, des travaux photographiques, etc. 2. Ensemble de chercheurs effectuant dans un lieu déterminé un programme de recherches. 3. Fig. Tout lieu où une équipe travaille à l'élaboration de quelque chose (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

Laboratoire virtuel : Laboratoire scientifique virtuel permettant aux chercheurs, grâce à l'utilisation des nouvelles technologies, telles que la réalité virtuelle et Internet, d'effectuer leurs travaux de recherche en collaboration, à distance et en temps réel, sans être soumis à des contraintes d'ordre géographique (Dictionnaire terminologique, 2006).

Logiciel : Ensemble des programmes, des procédés et des règles, et éventuellement de la documentation, relatifs au fonctionnement d'un ensemble de traitement de l'information (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

Logiciel libre : Logiciel livré avec son code source de manière qu'il puisse être copié, modifié et redistribué, évoluant ainsi de façon continue vers une version plus perfectionnée, dans un contexte de développement coopératif et communautaire (Dictionnaire Terminologique, 2006).

Monde virtuel : Ensemble cohérent d'objets modélisés en 3D et avec lesquels on peut interagir dans une réalité virtuelle (www.tout-savoir.net, 2005).

Organisation virtuelle : Parties de plusieurs unités organisationnelles non reliées entre elles qui fonctionnent ensemble (Love, Tellefsen, 2003).

Pare-feu : Système de sécurité destiné à protéger un réseau contre les intrusions et à interdire l'accès à ses données (www.microsoft.com, 2001).

Partition : Subdivision de l'espace de stockage d'un disque, représentant une unité logique (Dictionnaire terminologique, 2006).

Réalité virtuelle : Monde virtuel de synthèse, dans lequel un individu peut évoluer et avec lequel il peut interagir, le tout en temps réel (www.tout-savoir.net, 2006).

Serveur : Ordinateur qui a pour mission, sur un réseau, de rendre un ou plusieurs services spécifiés (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

Simulation : 1. Action de simuler, et spécial. de faire croire que l'on est atteint d'une maladie, génér. pour en tirer un avantage. 2. TECHN. Représentation par un modèle physique ou mathématique d'un phénomène complexe, du comportement d'un appareil ou de l'évolution d'un système, à des fins d'étude, de mesure ou d'essai. 3. DR. Dissimulation d'un acte par les parties sous le couvert d'un acte apparent (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

Station cliente : Ordinateur qui se connecte, via un réseau, à un serveur qui contient soit un logiciel ou une base de données ou les deux (www.tout-savoir.net, 2005).

Système de fichiers NTFS : Système de fichiers évolué spécialement conçu pour être utilisé avec le système d'exploitation Windows 2000. Il gère la fonction de restauration du système de fichiers, les supports de stockage de très grande capacité, les noms de fichiers longs et diverses fonctions du sous-système POSIX. Il prend également en

charge les applications orientées objet en traitant tous les fichiers en tant qu'objets dotés d'attributs définis par l'utilisateur et le système (www.microsoft.com, 2001)

Temps réel : Abrégé en TR. Se dit d'un système devant répondre aux sollicitations de son environnement physique dans des délais précis, ou d'un système devant simuler le fonctionnement d'un autre système, à la même vitesse que ce dernier (www.tout-savoir.net, 2005).

Virtuel : 1. Qui n'est qu'en puissance; potentiel, possible. 2. OPT. Se dit d'une image dont les points se trouvent sur le prolongement des rayons lumineux et qui n'a donc pas de réalité matérielle. CONTR : réel. 3. Qui concerne la simulation d'un environnement réel par des images de synthèse tridimensionnelles. *Réalité, monde virtuel. Images virtuelles* (Le petit Larousse illustré 2000, 2000).

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES

BOOT	Build, Own, Operate, Transfer
BOT	Build, Own, Transfer
BSDQ	Bureau des soumissions déposées du Québec
CCDC	Comité Canadien des Documents de Construction
CBS	Cost Breakdown Structure
CPM	Critical Path Method
CPM	Construction Project Management
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OBS	Organization Breakdown Structure
PMBOK	Project Management Book of Knowledge
PMI	Project Management Institute
ROT	Rehabilitate, Own, Transfer
ROOT	Rehabilitate, Own, Operate, Transfer
TI	Technologie de l'information
WBS	Work Breakdown Structure

INTRODUCTION

Maintenant que les développements informatiques sont de plus en plus approfondis, il est possible de considérer que des logiciels de simulation peuvent être beaucoup plus élaborés que par le passé. On remarque que les travaux de recherche en gestion de projets de construction des années '70 et '80 ainsi que la recherche actuelle, touchent à un aspect à la fois du cycle d'un projet.

Le but principal de ce travail est de pallier à ce manque, en élaborant un système informatisé qui simule toutes les phases d'un projet. Ainsi, après avoir utilisé le laboratoire virtuel, l'intervenant aura les plans et devis sommaires, les formulaires de soumission, le coût (estimé), la durée (échéanciers), les bons de commandes et différents rapports (avancement, flux monétaire, etc.). Les principaux objectifs du laboratoire virtuel sont les suivants :

- Faciliter le travail des équipes virtuelles (caractérisées par trois aspects, soient d'être dispersés géographiquement, se servent des technologies de l'information pour communiquer et ont un but commun);
- Uniformiser le processus de suivi de projets de construction de bâtiments;
- Accélérer les étapes d'avant-projet et de réalisation en élaborant plusieurs scénarios en une seule journée;
- Possibilité d'être conforme au 'Project Management Book of Knowledge' (PMBOK).

À la lumière des recherches effectuées sur la simulation dans le domaine de la construction, nous n'avons trouvé aucun travail de recherche traitant d'un processus global. Au chapitre 1 État de la question, il sera expliqué que des logiciels comme DISCO et CYCLONE simulent seulement l'aspect de la planification, de la réalisation ou la combinaison des deux. Ceci a comme résultat que les logiciels de simulation qui

existent sont élaborés avec l'optique de faciliter une seule partie du cycle du projet à la fois. Il est donc impossible à un gestionnaire de projets de d'évaluer tous les impacts en une seule opération.

Toute l'interaction des résultats de la manipulation des données du laboratoire virtuel sera expliquée en détail au Chapitre 2, Composantes du laboratoire virtuel. Les liens entre les diverses composantes seront illustrés pour que le laboratoire virtuel puisse être fonctionnel. Le contexte des années 2000 fait en sorte que l'outil devra être disponible à faible coût. Les principaux utilisateurs seront les propriétaires qui veulent faire un projet puis les architectes, les entrepreneurs et les sous-traitants (selon le type de projet : BOOT, traditionnel, etc.) qui seront mandatés par le donneur d'ouvrages. Certaines applications de simulation n'existent pas sur le marché. Les applications existantes seront listées et résumées afin de situer le lecteur sur l'ampleur du travail à accomplir.

Les utilisateurs se connecteront via le Web au laboratoire virtuel. Toutes les étapes ainsi que les menus seront décrits en détail dans le Chapitre 3, Caractéristiques du laboratoire virtuel. En premier lieu, les utilisateurs devront choisir des coupes-types (murs, toits, plafonds, planchers, dalles, etc.) ainsi que les dimensions du bâtiment en question afin de générer toutes les simulations des étapes subséquentes du processus de projet. Ainsi, avec les résultats obtenus, un donneur d'ouvrage et le concepteur, ou l'entrepreneur, pourront déterminer quel scénario de projet convient le mieux afin de rencontrer les trois principaux objectifs de projet, soient le temps, la qualité et le coût. Comme le laboratoire est virtuel, la notion d'équipe virtuelle pourra implicitement être appliquée. Les caractéristiques d'une équipe virtuelle sont d'être à différents lieux géographiques, éloignés et que les intervenants n'ont comme point commun que le projet de construction. Étant donné que le laboratoire virtuel est accessible par Internet, les intervenants n'auront pas à se déplacer. Formant l'équipe virtuelle, ils pourront demeurer à leur bureau respectif et travailler à distance, par l'entremise du laboratoire virtuel.

Au dernier chapitre, un parallèle avec les notions fondamentales du PMBOK sera fait. Il est démontré que le laboratoire virtuel tient compte des standards du 'Project Management Institute'. Pour ce faire, le schéma présenté au chapitre 2 sera modifié et adapté aux notions de gestion de projet présentées dans le PMBOK.

CHAPITRE 1

ÉTAT DE LA QUESTION

Le monde virtuel est une nouvelle tendance de l'informatisation de tout ce qui est possible d'automatiser. Le terme virtuel est d'ailleurs employé pour plusieurs situations. Dans certains cas, le laboratoire est physique, c'est-à-dire qu'un local existe afin que le personnel impliqué puisse y travailler. Il y a donc des postes de travail à des bureaux donnés. Dans d'autres cas, comme celui du présent travail, le terme virtuel est appliqué sans qu'il n'y ait un endroit physique attribué pour désigner le laboratoire. En fait, le laboratoire consiste en un accès serveur par l'utilisateur client. Les simulations se font à l'aide de logiciels spécialisés pour chaque étape du cycle de la gestion de projet de construction. Selon le PMBOK (PMI, 2000), les étapes de la gestion de projet se caractérisent par des groupes de processus et des domaines de connaissances. Voici les groupes de processus :

- Démarrage;
- Planification;
- Exécution;
- Surveillance et maîtrise;
- Clôture.

Dans ces groupes de processus, on retrouve les domaines de connaissances :

- Management de projet;
- Management de contenu du projet;
- Management des délais du projet;
- Management des coûts du projet;
- Management de la qualité du projet;
- Management des ressources humaines du projet;
- Management des communications du projet;

- Management des risques du projet;
- Management des approvisionnements du projet.

Pour simplifier l'utilisation du laboratoire par les divers usagers, les étapes habituellement effectuées en cours de projet seront identifiées dans les menus interactifs :

- Faisabilité de projet;
- Estimé du projet;
- Soumissions;
- Planification;
- Approvisionnements;
- Réalisation;
- Qualité.

1.1 Domaines d'application des laboratoires virtuels existants

Les laboratoires virtuels ne sont pas nouveaux en tant que tel. Depuis le milieu des années '90, on affirmait déjà que les enseignants de demain disposeraient de moyens informatisés très différents de l'époque (Davis, 1996). Depuis, plusieurs domaines utilisent cette technologie. Le domaine de la construction n'étant pas reconnu comme étant un domaine issu des TI (Ministère du développement économique et régional et de la Recherche, 2004), plusieurs intervenants ne s'identifient pas au phénomène informatique et encore moins à un monde virtuel (McCabe, AbouRizk & Shi, 1995). Les domaines décrits dans les articles consultés peuvent se regrouper en trois grandes catégories, soient pour l'enseignement, la recherche et les autres domaines, dont la gestion de projets qui sera l'objet du dernier point de ce présent chapitre.

1.1.1 Enseignement

Bon nombre de disciplines ont développé des utilisations du monde virtuel pour atteindre des buts bien précis. Les principaux sont de montrer aux étudiants comment se servir d'une technologie, s'exercer à devenir virtuose d'un instrument quelconque ou tout simplement les intéresser à apprendre dans un contexte différent. Les domaines de l'aviation, de la médecine, de l'infographie, du militaire, de l'enseignement de certaines matières (histologie, conception diverses comme des bâtiments ou des chaînes de montage, environnement) utilisent des laboratoires virtuels que l'on nomme aussi simulateurs ou réalité virtuelle.

L'enseignement se fait selon deux modes : directement sur les lieux de l'institution ou à distance. Dans le premier cas, l'étudiant doit se rendre au campus d'enseignement afin d'accéder aux divers équipements. Par exemple, dans le domaine de l'aviation, les pilotes doivent se rendre à l'endroit où la formation est dispensée car le simulateur se retrouve dans les locaux de l'institution. Dans le second cas, l'étudiant se connecte à un serveur qui permet de lui donner un environnement spécifique pour effectuer des manipulations sans que celui-ci n'ait à se déplacer dans l'institution d'enseignement. Par exemple, un étudiant qui suit un cours à distance pourra alors accéder de chez lui, à l'aide de son ordinateur, à un serveur qui le reconnaîtra et lui permettra l'accès. Cet étudiant pourra effectuer des manipulations sans sortir de chez lui. Dans d'autres cas, il y aura possibilité d'une combinaison des deux situations. L'étudiant pourra se connecter à distance pour effectuer certaines manipulations, mais devra être présent à l'institution d'enseignement pour recevoir la théorie des professeurs.

La venue des technologies de l'information et du Web bouleverse complètement le domaine de l'enseignement. Le monde de l'éducation est en pleine révolution (Hardin & Ziebarth, 2000) donc, *'comment un professeur peut passer à côté d'une telle source*

d'information?' (Hardin & Ziebarth, 2000). Plusieurs méthodes d'enseignement ont été adaptées afin d'être communiquées avec les nouveaux moyens technologiques. Plusieurs projets expérimentent les laboratoires virtuels et autres dérivés des produits informatisés.

Un projet pilote mené par l'Université d'Halifax est expérimenté afin de comparer le niveau d'apprentissage académique virtuel (à distance via le Web et par la vidéo conférence) versus le mode d'enseignement traditionnel (à l'établissement d'enseignement avec la présence du professeur). Évidemment, tous les critères de l'établissement concernant la qualité et les objectifs doivent être respectés lorsqu'il est question de l'enseignement à distance. Jusqu'à maintenant, leur conclusion indique que le niveau d'enseignement est comparable à l'enseignement sur place aux étudiants qui reçoivent les cours d'une manière traditionnelle (Sivakumar & Robertson, 2004).

Un autre projet d'enseignement (Hosoya, Kato, Kawanobe, Kakuta, Fukuhara, 1997) consiste à partager un espace commun pour des visualisations 3D. Cette classe virtuelle permet aux étudiants de voir un même objet (sous l'angle désiré et peuvent se diriger dans d'autres directions de l'espace virtuel), de modifier ses propriétés (couleurs, taille, etc.) et se communiquer de l'information ou des commentaires entre eux. Un pseudo client est créé dans le système afin de garder les configurations courantes au cas où un nouvel usager se joindrait au groupe. Les données sont transférées aux ordinateurs clients afin que tous les étudiants puissent toujours voir l'objet transformé.

Pour sa part, l'Université d'Iowa (Harris, Leaven, Heidger, Kreiter, Duncan, Dick, 2001) a comparé des images microscopiques produites virtuellement avec les images d'un véritable microscope. Ces images sont consultées par des étudiants dans le cours d'histologie (étude microscopique des tissus et des cellules). La qualité des images consultées dans le laboratoire virtuel de microscopie est très semblable aux images vues dans un véritable microscope. Un des désavantages importants est l'absence de mouvement du tissu organique analysé dans le cas du laboratoire virtuel. Toute

l'information est statique car il s'agit d'images scannées et compressées accompagnées d'un texte explicatif, qui aide l'étudiant à comprendre la réaction observée sur l'image. Un des avantages expliqué est que le laboratoire virtuel est accessible 24 heures sur 24, contrairement aux laboratoires installés dans l'école.

Les principaux avantages de l'enseignement virtuel sont les suivants :

- Pertes de temps réduites qui auraient normalement été consacrées au déplacement des personnes;
- L'apprentissage par la manipulation est meilleur que la méthode traditionnelle (écouter ou écouter et regarder faire le professeur) (Anido, Llamas, Fernandez, 2000);
- L'espace consacré au montage est réduit à son minimum ou est inexistant;
- Historique des expérimentations conservées automatiquement dans des bases de données, en minimisant l'action manuelle de l'utilisateur;
- Très bon complément aux laboratoires traditionnels.

Mais les inconvénients sont aussi nombreux :

- Perte du contact direct entre le professeur et ses étudiants (un écran les sépare);
- Demande des connaissances plus poussées en informatique;
- Performances relatives au matériel et au réseau informatique;
- Le nombre de connexions au laboratoire virtuel est limité.

1.1.2 Recherche

La littérature indique que de nombreux laboratoires virtuels ont vu le jour pour la recherche. La simulation de diverses situations est rendue possible grâce aux laboratoires virtuels. Cette pratique est beaucoup moins coûteuse quant au temps de mise en place ou d'achat de divers matériaux ou appareillages pour recréer des situations réelles. Des modèles mathématiques informatisés reproduisent un environnement, ou le

comportement d'un appareil, et ensuite on peut procéder à l'entrée de données puis observer les résultats calculés par le logiciel. Si on doit répéter à plusieurs reprises un scénario, il est beaucoup plus rapide d'obtenir les mêmes conditions et ainsi pouvoir recommencer à maintes reprises des essais de laboratoire et valider les paramètres voulus car le 'montage' consiste en fait à réinitialiser les données. Entre autres, le domaine de la mécanique des sols utilise des logiciels pour simuler des scénarios et expérimenter des situations. Dans un cas particulier, le logiciel simule un appareil. Donc, l'achat d'un appareil coûteux a été remplacé par un logiciel ainsi qu'un serveur et des stations clientes. Ainsi, à l'aide de ce laboratoire virtuel, les chercheurs peuvent avancer et valider des hypothèses qui pourront être ensuite enseignées et reproduites dans de vrais projets. De plus, les conditions extrêmes peuvent être testées sans danger ni inquiétude.

D'autres domaines ont aussi recours aux laboratoires virtuels. Dans le cas de l'amélioration des processus, seulement quelques parties sont virtuelles. L'université Laval à Québec possède un laboratoire (LOOP, 2003) dans lequel un appareil a été simulé afin de diminuer le coût d'achat. Des simulations de résultats sont aussi informatisées afin d'analyser les données. Des formations sont dispensées aux opérateurs en usine afin qu'ils puissent améliorer le processus de fabrication selon les résultats des simulations. Ainsi, les entreprises peuvent voir leur temps de fabrication amélioré et augmenter le nombre de commandes par jour.

Les avantages d'un laboratoire virtuel utilisé pour la recherche sont les mêmes que ceux pour l'enseignement, en plus de la possibilité d'explorer les limites des conditions sans être dangereux pour le chercheur ou pour la population.

Les inconvénients sont eux aussi les mêmes que ceux décrits dans la section de l'enseignement, en ajoutant qu'il y a dépendance de la technologie (puissance du réseau, temps de réponse sur Internet) et que l'on doit vivre avec les limites et le cadre du

logiciel. De plus, la plupart des simulateurs sont très coûteux et il faut s'assurer qu'ils simulent parfaitement l'appareil en question.

1.2 Champs d'application pour les laboratoires virtuels de gestion de projets de construction

Depuis les dix dernières années, la gestion de projets dans le domaine de la construction a évolué au gré des nouveaux types de réalisation projets (Build Operate Transfer (BOT), Build Operate Own Transfer (BOOT)) ainsi qu'à la formation d'équipes multidisciplinaires locales et virtuelles. Pour ce qui touche le cycle d'un projet, des nouveaux logiciels de visualisation 3D ont fait leur apparition dans diverses universités, et certains logiciels de simulation sont aussi utilisés pour la phase de conception du projet. Beaucoup de recherches universitaires concernant les simulations diverses ont vus le jour depuis les années '60 : CONSTRUCTO (Halpin and Woodhead, 1970), CYCLONE (Halpin, 1977) et RESQUE (Chang, 1986).

Puis, un nouvel essor a eu lieu dans les années '90 :

- INSIGHT (Roberts and Flanigan, 1990);
- COOPS (Liu, 1991);
- CIPROS (Tommelein, Carr and Odeh, 1994);
- DISCO (Huang and Halpin, 1994);
- STROBOSCOPE (Martinez, 1996);
- PetriNets (Wakefield and Sears, 1997);
- PICASSO (Senior, Halpin, 1998);
- ABC (Shi, 1999).

Et finalement, dans les années 2000 :

- SIMCON (Chehayeb, Abou Rizk, Brown, 2000);
- CDPM (Pena-Mora and Dwivedi, 2002);

- RISim (Chua, ASCE, Li, 2002);
- Virtual Coach (Rojas, Mukherjee, 2005).

Ces logiciels sont cependant circonscrits à une seule phase du cycle de la gestion de projets, selon la discipline étudiée. Ces recherches seront résumées dans ce chapitre afin de situer l'évolution de la simulation dans le domaine de la construction et introduire le concept du laboratoire virtuel qui englobe la simulation de tout le processus de la gestion de projets de construction.

1.2.1 Contexte

À cause de la globalisation des marchés, un phénomène assez récent fait maintenant partie de la réalité des projets de construction. En effet, les équipes virtuelles et les technologies de l'information (TI) font de plus en plus partie du quotidien des intervenants dans le domaine. L'industrie de la construction est donc à l'aube d'une ère nouvelle: l'utilisation des technologies de l'information. Les TI sont au-delà de l'usage de logiciels spécialisés. Il est question de l'accessibilité à l'information. La situation est très particulière car si les propriétaires (donneurs d'ouvrages) exigent l'utilisation des TI pour les intervenants de la construction, ceux-ci feront face à plusieurs problèmes : achat de matériel informatique plus performant, abonnement à Internet haute-vitesse (79% des firmes possèdent un accès basse vitesse par modem) (Rivard, 2000), achat ou location d'espace réseau de logiciels spécifiques de communication, maintenance accrue des systèmes, formation continue du personnel pour l'opération et la mise à jour des données de la base de données des projets et compatibilité des données de projets entre les différents logiciels. Ceci aura comme conséquences directes (que les donneurs d'ouvrages auront à faire face et à accepter) les hausses de coûts de construction et l'absence de soumissions de sous-traitants et entrepreneurs très qualifiés qui seront dans l'incapacité de répondre aux critères technologiques spécifiés par les donneurs d'ouvrages lors des appels d'offres publiques.

Des études démontrent que les entreprises où l'on utilise les TI comptent plus de 20 employés et sont majoritairement des firmes professionnelles (génie conseil, architectes) (Rivard, Froese, Waugh & all, 2004). Une problématique importante est alors constatée: 80% des compagnies de construction au Québec comptent au maximum cinq employés. Par contre, selon les résultats d'un sondage mené en 1998-1999 (Rivard, 2000), les bénéfices recherchés par les entrepreneurs (ce qui les motive à dépenser des sommes pour des équipements informatiques) sont, dans l'ordre d'importance décroissant:

- l'efficacité du travail technique et administratif;
- les stratégies des compétiteurs;
- les demandes par les employés ou les clients;
- de permettre d'être à l'avant-garde en matière de développement.

Toujours selon ce sondage, toutes les tâches reliées au cycle de la gestion de projet sont partiellement informatisées (planification, achat, estimation, soumission) par rapport à la comptabilité ou la facturation qui sont, pour leur part, très fortement informatisés. Les documents traditionnels que l'on échange entre intervenants pendant le déroulement du projet (plans, documents de construction, minutes de réunions, spécifications, commandes, factures et demandes de soumission) sont rarement digitalisés. L'utilisation des courriels et des sites Web au milieu des années '90 par rapport au début des années 2000 est passée de 15% à 87% et à 82% respectivement (Rivard, 2000).

Malgré tous les résultats de diverses enquêtes qui seront menées dans le domaine de la construction, l'argument qui mène est l'argent à dépenser afin d'être accessible par le Web. Le terme 'dépenser' a été utilisé à la place 'd'investir' car l'informatique n'est pas perçue comme un investissement dans ce domaine (Rivard, Froese, Waugh & all, 2004).

1.2.2 Logiciels de simulation spécifiques au domaine de la construction

La recherche pour développer des outils de simulations dans le domaine de la construction existe depuis plusieurs décennies. Selon NG, Khor, Tiong et Lee (1998), les modélisations utilisées dans un logiciel de simulation proviennent de projets existants qui ont été modélisés, simulés et validés en comparant les données produites par le logiciel versus le résultat réel. Les prochains paragraphes vont expliquer les différents développements des logiciels de simulation en ordre chronologique.

Le logiciel CONSTRUCTO (Halpin and Woodhead, 1970) (the Project-oriented construction management game) simule un environnement où se déroule un chantier. Il s'agit en fait d'un jeu qui a pour but de terminer la durée d'un projet avec un coût le plus faible possible par rapport à l'estimé réel du projet. Diverses composantes comme les conditions météorologiques, l'économie du marché ainsi que le taux de production sont des variables qui peuvent être changées. Selon les données entrées par l'utilisateur telles les activités nécessaires pour accomplir le projet, les travailleurs, les priorités, etc, le logiciel s'occupe de simuler les données concernant la température, la productivité des équipes et le nombre de jours ouvrables de travail disponibles pour un mois donné (période dans le langage de programmation du logiciel). Ainsi, à la fin de la période, un avancement des travaux avec les dépenses associées est produit par le logiciel. Tout dépendant des résultats obtenus, l'utilisateur devra prendre une ou plusieurs décisions: changer les équipes, stopper une activité, ajouter un quart de travail, faire travailler les ressources les fins de semaines, etc.

Au début de la simulation deux informations sont données à l'utilisateur, soient le coût attendu du projet et le coût maximal du projet (qui équivaut au coût attendu du projet majoré de 10%). Ces informations proviennent de l'estimé fait auparavant pour ce projet.

Un maximum de cinquante activités peuvent être entrées. Leur durée est en jour et consiste en un nombre entier. Toutes les informations concernant l'activité (durée, successeurs, coûts, etc.) sont entrées selon un langage de programmation prédéterminé.

Le logiciel de simulation CYCLONE (Cyclic Operations Network) est basé sur l'utilisation des ressources dans le processus de la construction (Halpin, 1977).

CYCLONE est constitué des éléments suivants :

- COMBI: Combinaison d'une contrainte sur la ressource jumelée à la durée de l'activité;
- NORMAL: durée d'une activité;
- QUEUE: emplacement où les ressources attendent en ligne jusqu'à ce qu'une activité ait besoin de les utiliser. Tant que le nombre de ressources requis pour accomplir une activité n'est pas atteint, celles-ci s'accumulent à cet endroit;
- ARC: sens dans lequel les ressources sont rattachées à une prochaine activité. Une probabilité de connexion est aussi associée dans le lien;
- ACCUMULATEUR: fin de la simulation, conversion de quantité, élaboration des statistiques diverses;
- FONCTION: consolidation des ressources, élaboration de statistiques, indicateur de temps.

CYCLONE possède trois types de fonctions, soient: mécanisme des éléments, mécanisme de sélection et le contrôle des différents types de ressources. Donc, en assemblant les éléments dans un des trois types de fonction, on obtient une schématisation d'un processus de construction avec l'utilisation des ressources. De cette manière, les goulots d'étranglement sont facilement repérables. Le planificateur pourra donc prévoir à quelle(s) étape(s) du processus il y aura un manque ou une mauvaise utilisation des ressources. En exerçant cette simulation, il sera facile de prévoir à l'avance les problèmes potentiels et ainsi des décisions pourront être prises à l'avance.

RESQUE qui provient de l'expression RESource based QUEueing network simulation system, est un logiciel qui relate l'utilisation des ressources dans un échéancier (Chang, 1986). Comparativement à CYCLONE, ce logiciel utilise seulement les quatre éléments suivants:

- COMBI (combinaison);
- NORMAL;
- QUEUE;
- ARC (lien).

Tous ces éléments possèdent des fonctions améliorées, en plus des mêmes caractéristiques que lorsqu'ils sont utilisés dans CYCLONE. Les principales différences se situent au niveau de la fonction de l'accumulateur (routage) et au niveau du cheminement des ressources dans le logiciel (modélisation, représentation, fonction d'appel, fonction d'attente, fonction de manipulation). La première amélioration fait en sorte que l'association des attributs aux ressources est maintenant possible, ce qui allège considérablement la schématisation du processus du projet. La seconde amélioration est au niveau de la flexibilité du routage dynamique des ressources dans le processus. RESQUE élimine la modification du schéma lorsque l'utilisateur veut faire exécuter des alternatives d'assignation des ressources. Le logiciel génère toutes les possibilités d'utilisation des ressources.

INSIGHT est un logiciel de simulation d'échéanciers qui utilise un langage de programmation spécifique (Roberts and Flanigan, 1990). Ce logiciel n'est pas exclusif au domaine de la construction. Il peut être utilisé pour illustrer n'importe quel processus, peu importe le domaine d'application. Tant qu'il y a des ressources et des tâches à exécuter, INSIGHT pourra performer. L'aspect visuel comporte aussi des boîtes (du même genre que les autres applications expliquées dans cette partie du chapitre) avec des formes diverses pour démontrer un type d'action exécuté dans le réseau d'activités.

Les principales composantes du réseau sont:

- la branche (lien);
- la source (transaction, cédule);
- la suppression (enlève une transaction du réseau);
- l'assignation (assigne des valeurs aux attributs);
- la ligne d'attente ou queue (attente des ressources nécessaires afin que la prochaine activité puisse être exécutée);
- l'activité (case où l'on retrouve le nom de l'activité ainsi que les informations reliées à celle-ci);
- la décision (processus de décision qu'une ressource fait), le délai (délai d'une ressource entre deux activités).

L'utilisateur aura à entrer les diverses informations et ensuite il activera une simulation. Si des erreurs surviennent, le logiciel est capable d'indiquer à l'utilisateur où il faut entrer des données valides. Selon la littérature consultée, le menu d'aide est bien élaboré et permet à l'utilisateur de maximiser l'utilisation du logiciel. Le logiciel comprend deux modules, soient le 'INSIGHT Modeler' et le 'INSIGHT Statement Model'. Le premier module sert à entrer les données d'une manière conviviale à l'utilisateur et le second module permet la compilation automatique et la génération des résultats. Pendant et après la simulation, il est possible à l'utilisateur de sortir des rapports, voir le statut du modèle, de s'attarder à un point spécifique du réseau et de préciser des changements, obtenir des statistiques d'utilisation, avoir une moyenne des heures utilisées par ressources, etc. Une fonctionnalité appelée 'Networker' est utile pour visualiser le réseau des activités ainsi que l'assignation des ressources durant tout le processus.

Micro-CYCLONE (Halpin, 1990) est un logiciel qui utilise les principes et théories développés dans CYCLONE. Ce logiciel permet à l'utilisateur de changer des données afin de créer des simulations pour un projet quelconque. Ainsi, la durée d'une activité, le nombre de ressources disponibles et autres variables peuvent générer divers résultats

d'échéanciers. L'utilisateur pourra donc voir les pires et les meilleures conditions possibles concernant le déroulement d'un projet. Des analyses de sensibilité sur différentes variables (ou critères) sont faites à l'aide de ce logiciel. Les résultats obtenus sont issus des différents scénarios demandés par l'utilisateur. Il y a aussi une fonction d'analyse de situation qui donne toutes les possibilités qui peuvent être calculées afin que l'utilisateur prenne la meilleure décision par rapport aux résultats obtenus.

UM-Cyclone (Ioannou, 1990) a été développé à l'Université du Michigan; c'est pourquoi on retrouve le UM en avant 'Cyclone'. Il s'agit d'informatiser le schéma de CYCLONE obtenu. Ce logiciel permet donc de vérifier les erreurs de processus potentiels. On peut ainsi obtenir des statistiques diverses générées lors des simulations selon les données entrées dans le système.

COOPS, le 'Construction Object-Oriented Process Simulation' system, est un outil de simulation qui aide les chargés de projets à obtenir une assistance lors de la validation de la planification d'un chantier (Liu, 1991). On retrouve trois composantes principales, soient: des nœuds (activités, queue de ressources, routeurs, consolidations), des liens et des affectations (ressources avec leur nombre ainsi que leurs limitations). Comme dans un logiciel d'échéanciers, des calendriers et des prédécesseurs/successeurs sont utilisés. À l'aide de sa souris et de divers menus, le chargé de projets monte la séquence logique des activités avec tous les renseignements nécessaires (les nœuds, les liens et les affectations). Le logiciel donnera une illustration graphique des données entrées ainsi qu'un rapport statistique des quatre catégories suivantes: queues, activités, consolidations et ressources spécifiques. Ces rapports guideront le chargé de projets à prendre les décisions appropriées pour éviter des problèmes potentiels en cours de projet.

Le logiciel de simulation CIPROS du nom dérivé de l'expression anglaise 'Construction Integrated Project and Process Planning Simulation System' est une base de données de

construction (méthodologies et techniques) qui permet d'obtenir un processus de travail, selon les caractéristiques entrées par l'utilisateur (Tommelein, Carr and Odeh, 1994). Les diverses caractéristiques touchent aux types de ressources à être utilisées dans la suite des opérations pour accomplir une tâche. Les caractéristiques des méthodes de construction sont contenues dans une base de données disponible tout le long du montage de la simulation. La simulation se fait en sept étapes:

1. Définition de la conception et des spécifications d'un projet;
2. Création d'un plan des activités avec leur association aux composantes de la conception;
3. Choix de la méthode de construction pour chacune des activités générées précédemment;
4. Initialisation des composantes du produit qui lie les activités ensemble;
5. Identification des ressources;
6. Assignment des priorités des ressources en cas de travail simultané sur plusieurs activités du plan;
7. Simulation et interprétation des résultats.

CIPROS se base aussi sur la méthode CYCLONE. Cependant, des éléments nouveaux ont été ajoutés afin de compléter le concept de CIPROS et de s'y adapter. Des éléments comme RInQue, CinQue, OutQue et IQue ne sont pas dans le modèle de simulation CYCLONE. Ces éléments font référence aux ressources, à l'initialisation, l'attente et la complétion des composantes impliquées dans le système.

La méthodologie de simulation DISCO, qui provient du terme anglais 'Dynamic Interface Simulation for Construction Operation' consiste en une représentation graphique d'opérations à être exécutées sur un chantier quelconque (Huang, Halpin, 1994). Par exemple, le logiciel aide l'utilisateur à positionner des grues, et autres appareillages sur le site d'un projet. Les simulations démontrent si les mouvements des

appareils se nuisent ou si tout se coordonne bien selon les règles de l'art. Cette méthodologie de simulation sert d'input de données qui seront utilisées dans CYCLONE.

L'outil de simulation STROBOSCOPE (Martinez, 1996) est un logiciel de simulations de processus de la construction qui tient compte de tous les types de ressources (matérielles et humaines, comprenant les permis de construction), de leurs caractéristiques (utilisation, consommation et production) et de l'ordonnancement des tâches à être exécutées. Trois types de représentations d'une simulation existent, soient les événements planifiés (Event Scheduling, ES), le balayage de l'ensemble des activités du projet (Activity Scanning, AS) et l'interaction des processus (Process Interaction, PI). Le AS est le type de représentation le plus utilisé comme moyen de simulation informatisée pour le milieu de la construction. STROBOSCOPE est conséquemment basé sur le type de représentation AS combiné avec l'utilisation du diagramme du cycle d'une activité (Activity Cycle Diagram). La figure 1 illustre le schéma de la méthode. Le processus est représenté par des boîtes rondes (passivité de la ressource) ou rectangulaires (activité de la ressource) reliées par des flèches (liens entre les activités). Les tâches sont soit dites normales, combinées ou consolidées. On remarque que le schéma est semblable à la méthode CYCLONE décrit précédemment dans ce sous-chapitre, sauf qu'avec la méthode STROBOSCOPE, le type de ressources est précisé. Cela permet des types de simulations plus poussées qu'avec la méthode CYCLONE.

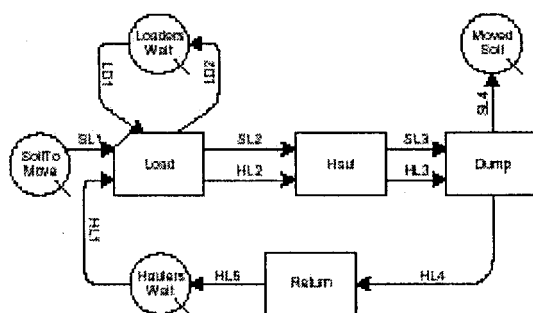


Figure 1 Illustration du schéma des tâches de l'excavation en construction (Martinez, 1996)

Petri Nets (Wakefield and Sears, 1997) est un logiciel qui simule une séquence d'activités et donne un résultat du même genre que le logiciel Micro-CYCLONE. Comme ses prédécesseurs (CYCLONE, RESQUE, etc.) des formes géométriques représentent soient des états (cercles), des transitions (carrés), des indicateurs (points noirs) et des directions (flèches). Aussi, dans sa schématisation, le processus possède des caractéristiques comme l'exécution séquentielle, les conflits, la concurrence, la synchronisation, la fusion et la confusion. La notion du temps est présente et en cas de conflit, des transitions peuvent être allongées afin qu'une décision soit prise. Petri Nets est sécuritaire (tests de logique possible), limitatif (une ressource 'x' sera prise en compte consécutivement que x fois), conservateur (le marqueur est constant s'il représente des ressources), actif (lorsqu'un test de logique est fait en condition est testée, mais n'est pas nécessairement appliquée) et atteignable (la validité d'une transition est dite bonne). Les résultats obtenus par Petri Nets pour une activité donnée sont: l'utilisation des ressources, leur nombre moyen utilisé et le temps de travail nécessaire par une ressource pour exécuter une tâche donnée. Des résultats peuvent aussi être donnés pour les points d'attente des ressources.

Le logiciel de simulation PICASSO (Project integrated cyclic analysis of serial system operations) est issu d'une méthode de calcul d'échéancier CPM et d'un logiciel de simulation d'échéancier, CYCLONE, expliqué précédemment dans cette section du travail (Senior, Halpin, Members, ASCE, 1998). Chaque partie réunie est incomplète en soit : CPM ne tient pas compte de l'allocation des ressources et CYCLONE ne donne pas de valeur pour les marges et toute répétition alourdit considérablement le schéma. Donc PICASSO est un hybride afin de pallier les lacunes décrites. Les carrés sont conservés afin d'identifier les activités. Les flèches sont aussi gardées afin de représenter les liens entre les activités ainsi qu'entre les ressources et les activités. Des cercles ont été ajoutés pour symboliser les ressources disponibles. Une fonction a été créée pour tenir compte de l'aspect de répétitivité des activités. Cette fonction rend la schématisation de l'échéancier du projet plus conviviale. La figure 2 illustre la méthode PICASSO.

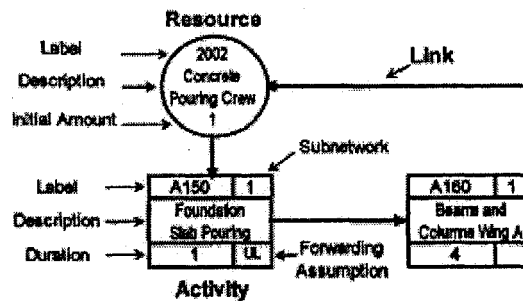


Figure 2 Éléments modélisés de la méthode PICASSO
(Senior, Halpin, Members, ASCE, 1998)

ABC (Activity Based Construction) (Shi, 1999) est une méthode qui prend en compte deux éléments : la ressource et l'activité. Deux étapes successives sont nécessaires pour parvenir aux résultats d'une simulation. La première étape se nomme ABC-mod, pour modèle) et la deuxième étape se nomme ABC-SIM, pour la simulation. Le modèle est semblable à ceux développés par Halpin (1970, 1977, 1994, 1998), sauf que le fonctionnement ne tient pas en compte l'attente (illustrée par un nœud identifié 'Queue' dans d'autres travaux de simulations) ni de la disponibilité car ces notions sont sous-entendues lors du déroulement des activités. En effet, pour qu'une activité puisse débuter, la simulation prend 2 facteurs en comptes, soit que la ressource n'est pas utilisée, donc disponible, soit qu'elle est en attente. Ensuite, le module de simulation se fait en trois étapes, soient : la sélection de l'activité, l'avancement de l'état de l'activité et l'attribution finale de la ressource. Le résultat du processus donne l'utilisation d'une ressource, la production visée par l'activité et la distribution des ressources dans le temps.

Le logiciel 'Simulation-based Project Control' ou SIMCON (Chehayeb, Abou Rizk, Brown, 2000) est basé sur trois concepts qui diffèrent de ceux que l'on retrouve habituellement (CBS, WBS, CPM). Le premier concept est le centre de coûts (Cost Breakdown Structure), le deuxième, le centre de répartition des localisations (Work Breakdown Structure) et le troisième, le centre des processus de construction (Construction Project Management). Dans le centre des coûts, on retrouve la même

structure de coût que celle utilisée dans la compagnie pour l'estimation. Par exemple, pour une catégorie de travail donné, les coûts seront exposés selon le détail des travaux. Le détail des travaux pourra ensuite être lié aux diverses localisations du projet. Dans le centre de répartition des localisations, les informations trouvées ne représentent pas nécessairement l'ordre des travaux de construction. On lie les ressources aux différents endroits listés dans le centre des localisations. Ceci servira aussi à entrer les données dans un échéancier, lequel générera des rapports d'avancement par localisation. Le troisième centre, celui des processus de construction, contient le détail des processus ainsi que l'endroit associé. La méthode CYCLONE est utilisée pour monter les modèles des processus. Afin de pouvoir adapter CYCLONE à SIMCON, quelques éléments ont dû être ajoutés. Ces éléments sont un compteur de nœuds (PRO), des liens de nœuds (LINK), des nœuds de relâche (FREE) et des nœuds de suivi (TRACK). Avec ces éléments, le logiciel est capable de produire différents rapports que CYCLONE ne peut fournir.

Le logiciel VIRTual CONstruction, VIRCON (Jaafari, Manivong et Chaaya, 2001) est utilisé dans le cadre de l'enseignement de la planification de projets de construction. Il intègre tous les items nécessaires aux gestionnaires de projets en deux modules, soient CMIS et Visualisation. CMIS est l'ancêtre de VIRCON. Il s'agit d'une base de données de projet qui comprend la gestion du temps, du risque, des ressources et des coûts, des rapports, la valeur ajoutée, l'analyse du flux monétaire et l'analyse de scénarios. Le module Visualisation est une base de données CAD qui simule, lie, délie et affiche l'allure du projet selon l'avancement des travaux. Deux types de visualisation existent, soient immersive et non immersive. La visualisation immersive permet à l'utilisateur de se sentir vraiment sur place car il doit porter un casque avec des lunettes spéciales ainsi que des gants électroniques (semblables à ceux portés pour des types de jeux vidéo). La visualisation non immersive consiste à une image sur un moniteur. Il n'y a pas de sensation d'être sur place et aucun accessoire spécifique n'est à porter. VIRCON est de type non immersif. Donc, le logiciel aide un utilisateur moins expérimenté à pouvoir

visualiser la réalisation de son projet selon l'échéancier qu'il a lui-même déterminé. Si des activités sont mal enchaînées, la visualisation des travaux comportera des erreurs et l'utilisateur apprendra ainsi le bon ordre des activités afin que le projet se déroule sans anicroche.

Au MIT (Massachusetts Institute of Technology), le projet CDPM (Collaborative Dynamic Project Management) a vu le jour en 2002 (Pena-Mora, Hari Dwivedi, 2002). Le but est de permettre aux collaborateurs attirés sur un projet, mais qui sont éloignés, d'accéder aux données de projets en temps réel et d'utiliser des applications informatisées disponibles à un endroit, sur un serveur donné. Le projet vise à trouver des solutions peu coûteuses. La figure 3 illustre la collaboration des divers directeurs de projets dans des sessions de travail différentes. Par exemple, le participant P1 est impliqué dans deux sessions différentes, soient Session 1 et Session 2 et il a accès aux applications 1, 2, 3, 5 et 7. Par contre, le participant P9 a droit seulement à la Session 3 et aux applications 3, 4 et 8.

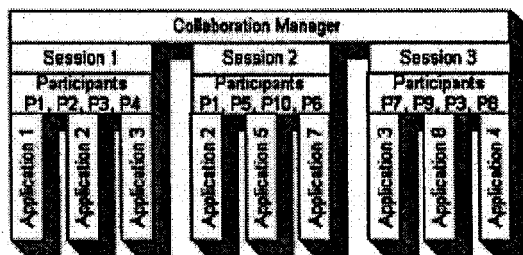


Figure 3 Collaboration des directeurs de projets
(Pena-Mora, Hari Dwivedi, 2002)

RISim (Resource-Interacted Simulation Modeling in Construction) (Chua and Li, 2002) est une représentation graphique axée sur les ressources. Dans ce cas-ci, une ressource peut être un événement, un élément, une personne, un équipement, etc. Chaque ressource possède des caractéristiques propres à elle. Les ressources sont classées en deux catégories, soient : simples ou complexes. Les ressources complexes sont nommées ainsi car elles sont liées à des processus. Des ressources simples lient les ressources

complexes. Les temps d'attentes des ressources simple sont identifiés par des nœuds d'attente 'Q'. Parfois, des ressources interagissent dans des processus communs. Un événement est représenté par une fourche. RISim utilise Stroboscope pour générer les résultats.

À l'université de Washington à Seattle, le projet Virtual Coach se développe depuis quelques années (Rojas, Mukherjee, 2005). Virtual Coach sert à simuler plusieurs situations lors de la réalisation de projets. Une base de données 'planifiées' lorsque jumelée à une base de données 'situationnelles' résulte en un scénario qui aide les gérants de projets. La base de données 'planifiée' tient compte des contraintes initiales du projet comme les tâches, leur ordonnancement, les ressources disponibles, les contraintes de dates, etc. La base de données 'situationnelles' contient des probabilités sur la météo, les retards de livraisons de matériaux, un manque de main-d'œuvre et tout autre événement pouvant retarder la date de fin du projet. L'utilisateur commande une simulation en prenant les critères désirés et observe ensuite le résultat donné par Virtual Coach. Ainsi, il pourra être mieux préparé si jamais ces conditions surviennent réellement lors de la réalisation du projet.

1.2.3 Mise en contexte du laboratoire virtuel

Les méthodes résumées au point 1.2.2 Logiciels de simulation spécifiques au domaine de la construction, optimisent des procédés en construction. La plupart se concentrent seulement sur l'aspect de la planification. La majorité des travaux présentés au point précédent sont de nature purement théorique et ne sont pas utilisés concrètement lors du déroulement des projets en construction. Or, le laboratoire virtuel se veut un outil de travail concret et pratique, axé sur la réalisation d'un projet. Ce laboratoire sera intégrable à plusieurs environnements de travail car il s'opère à partir d'Internet Explorer. Il sera possible d'intégrer des applications commerciales d'estimation et de planification au laboratoire virtuel car une macro activera leur ouverture et accessibilité

sur commande d'un clic de souris par l'utilisateur. Il pourra y avoir un autre bouton de macro qui commandera de revenir au laboratoire virtuel lorsque les modifications à être effectuées seront terminées.

Les applications expliquées dans les articles résumés dans ce chapitre, ne peuvent pas s'intégrer à d'autres plateformes, pour la raison qu'elles ne sont pas disponibles sur le marché. Le laboratoire virtuel, une fois la programmation terminée et testée, sera disponible pour tous.

Les prochains chapitres discutent des différentes composantes que l'on retrouve dans le laboratoire virtuel ainsi que ses caractéristiques. Le lecteur pourra mieux comprendre l'interaction des tableurs avec les différentes applications commerciales qui seront grevées au laboratoire virtuel ainsi que l'aspect visuel des menus qui guideront l'utilisateur à travers les diverses étapes de son projet de construction.

CHAPITRE 2

COMPOSANTES DU LABORATOIRE VIRTUEL

Ce chapitre illustre et explique le laboratoire virtuel en tant que tel. Un schéma sera tout d'abord présenté afin de visualiser l'ensemble des opérations qui se dérouleront. L'interaction entre les différents tableurs sera décortiquée et expliquée. Le détail du contenu de tous les tableurs sera expliqué dans ce chapitre. Enfin, une schématisation sommaire des équipements composant le laboratoire virtuel sera présenté et expliqué.

2.1 Schématisation du laboratoire

Le schéma du laboratoire virtuel représente à la figure 4 Schématisation du laboratoire virtuel de gestion de projet de construction de bâtiments, toutes les phases d'un projet de construction de bâtiment. Afin de situer le lecteur, le cycle de vie d'un projet se décrit comme suit :

- **Faisabilité :**
Durant cette phase, on retrouve l'élaboration du projet, l'étude de faisabilité et la conception de la stratégie et approbation.
- **Planification et conception :**
À cette phase, la conception de base est d'abord analysée. Ensuite, les coûts et délais sont élaborés. Ensuite la modalité de contrat et la planification détaillée.
- **Réalisation :**
Les livrables doivent être suivis pour la fabrication, l'aspect du génie civil ainsi que les méthodes d'installation. Des essais sont aussi effectués.
- **Mise en marché et mise en production :**
Les essais finaux et la maintenance font parties de cette phase.

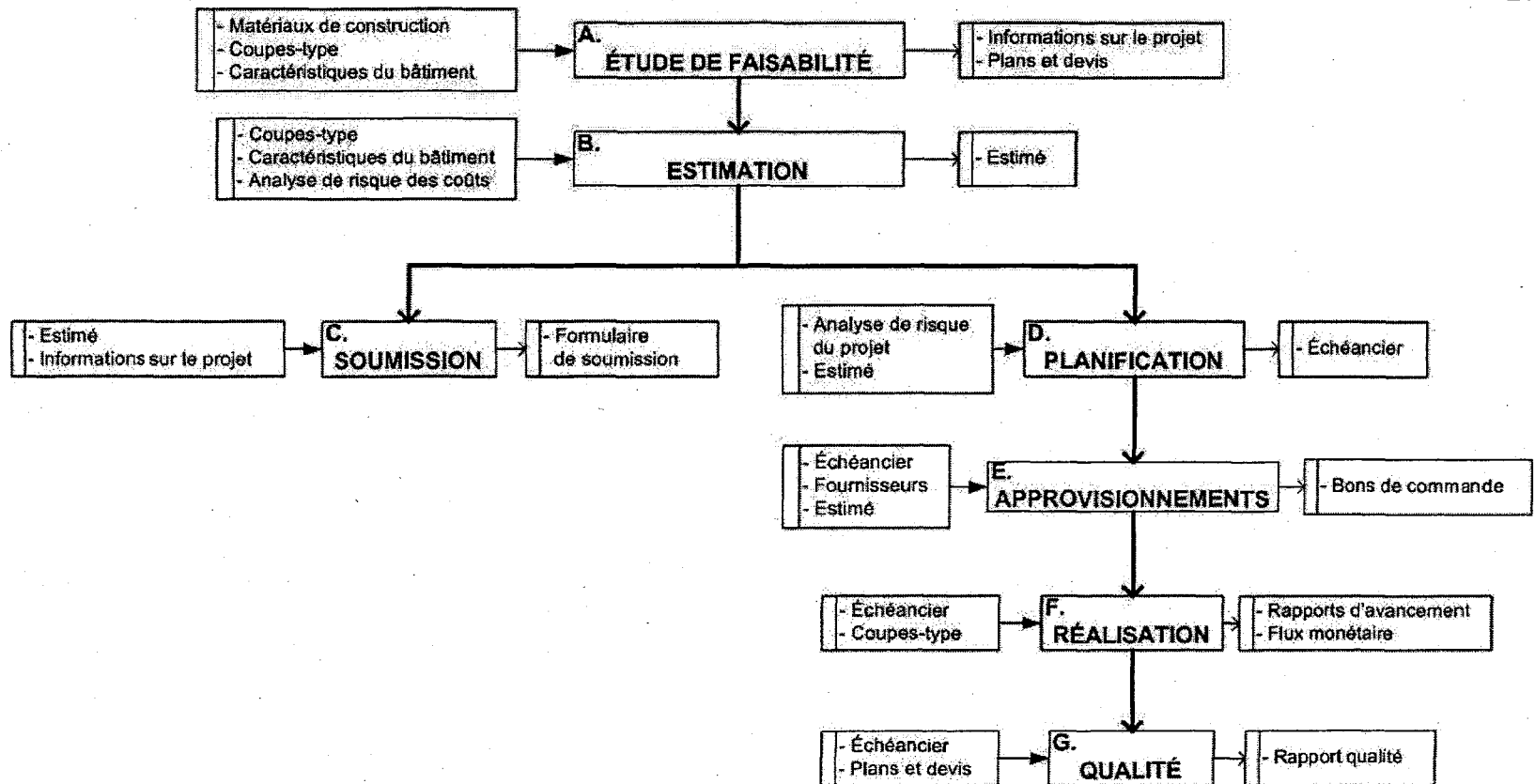


Figure 4 Schématisation du laboratoire virtuel de gestion de projet de construction de bâtiments

Selon la figure 4 Schématisation du laboratoire virtuel de gestion de projet de construction de bâtiments, toutes les données contenues dans les tableurs seront soit générées à partir de réponses fournies par l'utilisateur lors d'une simulation, ou par copie de données générées à partir des applications externes au laboratoire virtuel.

Dans le premier cas, les réponses fournies par l'utilisateur seront recueillies à l'aide de questions dans les divers menus de l'extranet, expliqués au point 3.2.2 Aspect visuel du laboratoire.

Dans le second cas, il y aura des fonctions programmées exécutées en transparence pour l'utilisateur au cours de la simulation dans l'extranet. Ces fonctions commanderont l'ouverture de logiciels spécialisés (le choix devra se faire selon les critères élaborés au point 2.2 Logiciels utilisés) selon l'étape en cours dans la simulation. Ce logiciel fournira ensuite les données à être enregistrées dans les tableurs 'Estimé' et 'Échéancier' du laboratoire virtuel. Ceux-ci serviront à la fois de données entrantes et de données sortantes au laboratoire virtuel.

Une fois un tableur enregistré avec leurs données, une fonction appellera le tableur désiré, selon la phase en question. Par exemple, à l'étape 'Planification', le tableur 'Estimé' sera appelé par une fonction car il existe déjà (enregistré à l'étape 'Estimation').

2.1.1 Étude de faisabilité

Le processus débute avec l'étape de la faisabilité de projet. À cette étape, l'utilisateur doit déterminer un certain nombre de paramètres qui lui seront demandés sous forme de questions. Les paramètres sont les suivants:

- Coupes-type des murs de fondation et des planchers dalle sur sol;
- Coupes-type des murs extérieurs et intérieurs;

- Coupes-type des planchers des étages;
- Coupes-type de la toiture;
- Dimensions du bâtiment (dimensions standard, non complexes);
- Nombre d'étages;
- Lieu de construction;
- Travaux connexes (chemins d'accès à construire, traitement de sol, etc.).

Tableau I

Matériaux de construction

Nom des matériaux	Coût unitaire	Coût au pied carré	Coût d'installation au pied carré	Temps de pose unitaire	Temps de pose au pied carré
Élaboré selon les coupes-types présentées.	Les coûts unitaires servent à calculer les coûts du projet.	Coût total des coûts unitaires de chaque matériau divisés par le nombre de pied carré du bâtiment. Le résultat donnera le coût au pied carré du bâtiment.	Les coûts d'installation, additionnés aux coûts des matériaux au pied carré, serviront à déterminer le prix du projet au pied carré.	Le temps de pose servira à déterminer les durées des tâches comprises dans l'échéancier.	Le temps de pose au pied carré servira à déterminer la durée d'installation selon le nombre de pied carré du projet.

On retrouve au Tableau I – Matériaux de construction, les informations qui feront fonctionner le laboratoire virtuel. Il inclura la liste de tous les matériaux qui composent les "Coupes-types" disponibles dans le laboratoire virtuel. Au tableau II – Caractéristiques du bâtiment, ce sont toutes les réponses fournies par l'utilisateur qui s'y retrouveront.

Tableau II

Caractéristiques du bâtiment

Longueur	Largeur	Nombre d'étages	Lieu de la construction	Travaux connexes
Réponse de l'utilisateur	Réponse de l'utilisateur	Réponse de l'utilisateur	Une liste des villes avec un facteur de correction sera inscrite dans cette colonne.	Les réponses de l'utilisateur se retrouveront inscrits dans cette colonne.

Le tableau III – Coupes-type, illustre la liste des coupes-types choisies par l'utilisateur avec les caractéristiques disponibles pour chacune d'elles.

C'est à l'aide des informations des tableurs Matériaux de construction, Coupes-types et Caractéristiques du bâtiment que le laboratoire virtuel générera les tableurs Informations sur le projet ainsi que celui des Plans et devis. Le tableau IV – Plans et devis représente les informations entrées par l'utilisateur dans le menu approprié lors d'une simulation du laboratoire virtuel qui seront transcrites dans le tableur 'Plans et Devis' et le tableau V – Informations sur le projet.

Tableau III

Coupes-types

Coupes- types disponibles	Catégories	Détail des matériaux	Coupes-types disponibles	Catégories	Détail des matériaux
Planchers	Dalle sur sol		Plafonds	Sous-sol	
	Rez-de- chaussée			Étages	
	Planchers des étages			Cathédrales	
Murs	Fondations		Toit	Pente	
	Extérieurs			Plat	
	Divisions Intérieures		Aménagement extérieur	Arrière	
				Avant	

Tableau IV

Plans et devis

Dalle sur sol	Plancher	Division intérieure	Mur de fondation
Plafond	Plafond cathédral	Toit plat	Mur extérieur
Aménagement extérieur arrière	Aménagement extérieur avant	Toit en pente	

Tableau V

Informations sur le projet

Informations désirées	Réponses de l'utilisateur
Date du début des travaux	Ce champ sera importé du tableur 'Caractéristiques du bâtiment'
Nom du projet	
Version (si plusieurs scénarios)	Ce champ sera importé lors de la sauvegarde du projet
Nom du propriétaire	
Nom des architectes	
Nom des ingénieurs	
Nom du soumissionnaire	
Spécialité du soumissionnaire	
Adresse du soumissionnaire	
Numéro de téléphone du soumissionnaire	
Numéro de télécopieur du soumissionnaire	
Nom du signataire du soumissionnaire	
Numéro de la licence RBQ	
Localisation du projet	Ce champ sera importé du tableur 'Caractéristiques du bâtiment'
Numéros des plans du projet	
Sections du devis	
Addenda	
Date de dépôt des soumissions	
Montant de la soumission en lettres	
Montant de la soumission en chiffres	
Numéro d'enregistrement de la TVQ	
Insertion du fichier pour le logo de la compagnie	

2.1.2 Estimation

L'estimation est l'étape où les coûts budgétaires et détaillés sont calculés. Les coûts budgétaires s'estiment à partir de tables qui indiquent que pour un projet de type 'X', le coût au pied carré est de 'Y' dollars. L'ordre de précision est d'environ 25%. Cela signifie que le coût total du projet une fois terminé variera d'environ 25% du montant de

l'estimé budgétaire. Pour déterminer le coût total budgétaire, la superficie est multipliée par le coût au pied carré indiqué dans des tableaux de référence. Ensuite, une fois le budget approuvé, des estimés détaillés peuvent être entrepris dans un autre scénario du laboratoire virtuel. Les estimés détaillés, pour leurs parts, sont une approximation d'environ 10% du coût réel des travaux.

La seconde étape du projet étant l'estimation, les tableurs "Caractéristiques du bâtiment", "Matériaux de construction" et "Plans et devis" serviront à construire l'estimé du projet. Les données enregistrées dans ces tableurs seront traitées par le laboratoire virtuel, selon les explications qui se trouvent au point 2.1 Schématisation du laboratoire, et les résultats seront copiés dans le tableur 'Estimé'. Ainsi, le détail des matériaux et les dimensions du bâtiment détermineront les coûts de fourniture et de pose des matériaux de construction pour le projet. Un estimé budgétaire sera émis et les données seront enregistrées dans le tableur "Estimé" illustré au Tableau VI - Estimé.

Tableau VI

Estimé

Composante de l'estimé	Coût de la composante
Une liste de tous les matériaux calculés dans l'estimé du projet se retrouvera dans ce tableur	Les coûts associés à tous les matériaux listés seront inscrits dans ce tableur.

Pour obtenir des résultats plus précis, l'utilisateur sera invité à ouvrir l'application qui sert à effectuer l'estimé pour changer des paramètres.

Le laboratoire virtuel est prévu pour inclure la notion de risque dans les coûts. Le tableur 'Analyse de risque des coûts' sera nécessaire pour stocker les réponses de l'utilisateur.

Le tableau VII – Analyse de risque des coûts indique comment l'information est enregistrée par le laboratoire virtuel.

Tableau VII

Analyse de risque des coûts

Nom des matériaux	Coût unitaire pessimiste	Coût unitaire optimiste	Coût au p ² pessimiste	Coût au p ² optimiste	Coût d'installation au p ² pessimiste	Coût d'installation au p ² optimiste
Selon les coupes-types choisies par l'utilisateur	Servent à calculer les coûts maximums du projet.	Servent à calculer les coûts minimums du projet.	Total des coûts unitaires pessimistes de chaque matériau / par la superficie du bâtiment. Donne le coût maximal au p ² du bâtiment.	Total des coûts unitaires optimistes de chaque matériau / par la superficie du bâtiment. Donne le coût minimal au p ² du bâtiment.	Les coûts d'installation, additionnés aux coûts des matériaux au p ² , serviront à déterminer le prix maximal du projet au p ² .	Les coûts d'installation, additionnés aux coûts des matériaux au p ² , serviront à déterminer le prix minimal du projet au p ² .

2.1.3 Soumission

L'étape de la soumission consiste à monter un document officiel où figurera le coût estimé du projet. La présentation des coûts peut se faire sous différentes formes. On appelle 'Ventilation des coûts' la liste des coûts selon les items. Les items peuvent être les sections du devis normatif, les matériaux inclus dans le projet, etc. Les coûts inscrits dans le formulaire de soumission peuvent être au pied carré ou global. Les formules varient selon les désirs des donneurs d'ouvrages. Habituellement, la structure de

comptes budgétaire du donneur d'ouvrage correspondra à la méthode de ventilation des coûts demandée.

Suite à l'estimé, un formulaire de soumission sera construit à l'aide des données recueillies dans les tableurs "Information sur le projet" (voir tableau V), "Plans et devis" (voir tableau IV) et "Estimé" (voir tableau VI). Le formulaire émis contiendra tous les renseignements habituellement présents dans les formulaires de soumission traditionnels. Comme ce formulaire sera sous forme de document texte éditable à partir du logiciel MS Word, l'utilisateur pourra le personnaliser selon le projet. Voici la liste des champs qui seront disponibles dans le formulaire:

- Logo de la compagnie;
- Titre du projet;
- Localisation du projet;
- Numéro des plans du projet;
- Sections du devis;
- Addenda;
- Nom du soumissionnaire ainsi que de son signataire;
- Spécialité du soumissionnaire;
- Coordonnées du soumissionnaire: adresse, numéro de téléphone et de télécopieur;
- Numéro de la licence RBQ;
- Date de dépôt de la soumission;
- Nom des professionnels: architectes, ingénieurs;
- Montant de la soumission en lettres et en chiffres;
- Numéro d'enregistrement de la TVQ.

2.1.4 Planification

La planification est une étape cruciale pour le projet. En effet, ce sera à cette étape que les dates de début et de fin du projet seront stipulées dans un échéancier produit. Dans la pratique, l'échéancier sera préparé par l'entrepreneur à qui le donneur d'ouvrage aura octroyé le contrat de construction du projet. La planification tient compte entre autres d'un calendrier de travail, de ressources à être attribuées aux tâches et de la répartition des coûts selon l'estimé.

Une fois l'estimation terminée, la planification sera enclenchée. Les résultats du logiciel d'estimation seront utilisés pour créer l'échéancier des travaux. Tel qu'expliqué au point 2.2 Logiciels utilisés, une des caractéristiques du logiciel sera la compatibilité avec un logiciel de planification. Ainsi, une fonction de transfert de données vers le logiciel d'échéancier sera effectuée par le laboratoire virtuel. Cette fonction sera déclenchée lorsque l'utilisateur cliquera sur le bouton GO du menu Planification illustré au point 3.2.2.5 Menu de l'étape 'Planification'.

Une fois l'échéancier terminé, à l'aide d'un logiciel spécialisé, toutes les données seront sauvegardées dans le tableur "Échéancier". Le tableau VIII – Échéancier indique quelle information s'y trouvera.

L'échéancier construit servira aussi de base lors de l'exécution des travaux. Il pourra être mis à jour. Il sera possible d'envoyer toutes les informations sur des sites Web pour chaque projet (ou tout autre moyen approuvé lors de la réunion de démarrage du chantier).

Tableau VIII

Échéancier

Champs du logiciel	Données
Date de début au plus tôt de l'activité 'n'	
Date de début réel de l'activité 'n'	
Date de fin au plus tôt de l'activité 'n'	
Date de fin réelle de l'activité 'n'	
Nom de l'activité 'n'	
Ressources assignées à l'activité 'n'	

Tout comme lors de l'étape de l'estimation des coûts, l'analyse de risque du projet sera possible lors de la planification. Le tableur 'Analyse de risque du projet' sera nécessaire pour prendre en compte des facteurs de risque avec leur pondération. Le tableau IX – Analyse de risque du projet indique son contenu.

Tableau IX

Analyse de risque du projet

Nom de l'activité	Facteur de risque	Pondération	Début pessimiste	Début optimiste	Fin pessimiste	Fin optimiste
Donnée copiée à partir du logiciel de planification	Éléments choisis par l'utilisateur	Facteur multiplicateur à appliquer au facteur de risque	Date de début au plus tard du logiciel de planification	Date de début au plus tôt du logiciel de planification	Date de fin au plus tard du logiciel de planification	Date de fin au plus tôt du logiciel de planification

2.1.5 Approvisionnements

L'approvisionnement est la partie qui concerne les achats d'un projet. Tout ce qui sera livré au chantier sera traité à cette étape. Habituellement, ce sera le surintendant des travaux qui coordonnera l'ordre et le moment des commandes. C'est également cette personne qui recevra les bons de livraison des différents fournisseurs de matériaux. Tout dépendant de l'organisation de l'entreprise et de l'ampleur du projet, les bons de commandes seront envoyés soit à partir du siège social de l'entrepreneur ou directement à partir du chantier de construction.

Pour cette étape, les tableurs "Fournisseurs", "Échéancier" (voir tableau VIII) et "Estimé" (voir tableau VI) serviront à produire des "Bons de commande". Ceux-ci pourront être générés dans le logiciel MS Word. Une association entre le nom d'un fournisseur et de sa spécialité sera jumelée avec des noms d'activités. Donc, le nom du fournisseur sera puisé dans la table "Fournisseurs", illustré au tableau X - Fournisseurs, la date de réception de la marchandise ainsi que le nom de l'activité seront donnés par le tableur "Échéancier" et, finalement, la quantité à commander sera déterminée par le tableur "Estimé". Évidemment, les quantités ainsi que les dimensions doivent être validées sur le chantier (à l'étape de réalisation) afin d'éviter des erreurs de dimensionnement. Une liste des bons de commandes à envoyer pendant le projet sera produite par le laboratoire virtuel. Le tableur qui servira à recueillir les informations pour produire la liste est illustré au tableau XI – Liste des bons de commandes. Cela aura comme fonction de lister tous les bons de commande afin d'éviter les oublis. Il restera la gestion des envois par l'utilisateur. Les types d'envois sont, entre autres, le télécopieur, le courriel ou un appel téléphonique.

Tableau X

Fournisseurs

Nom du fournisseur	Spécialité	Contact	Coordonnées	Courriel	Nom de l'activité
Nom du fournisseur	Associer les spécialités selon le nom de l'activité	Nom de la personne contact chez le fournisseur	Adresse civique, numéros de téléphone et de télécopie du fournisseur	Adresse de courrier électronique du contact chez le fournisseur	Liste des activités inscrites dans l'échéancier

Tableau XI

Liste des bons de commandes

Nom du fournisseur	Date de livraison	Quantité	Montant
Nom du fournisseur correspondant	Date provenant de l'échéancier	Quantité provenant de l'estimé	Coût de l'achat provenant de l'estimé

2.1.6 Réalisation

La prochaine étape enclenchée par le laboratoire virtuel étant la réalisation du projet, les tableurs "Échéancier" ainsi que "Plans et devis" serviront à la visualisation de la construction du bâtiment en fonction du temps (quatre dimensions). Certains logiciels spécialisés dans ce domaine sont disponibles, tel que 4D-CAD. Si l'utilisateur le désire, il pourra importer les données du projet dans ce type de logiciel et visualiser l'avancement des travaux dans le temps.

Une autre fonctionnalité du laboratoire virtuel à cette étape est la préparation des rapports qui seront utilisés lors de l'avancement des travaux. Lorsque ceux-ci sont prédéfinis, leur émission est ensuite très simple. Les rapports d'avancement du projet et de l'échéancier planifié versus l'avancement réel pourront ensuite être produits à partir des informations contenues dans le tableur "Échéancier". L'utilisateur aura donc une très bonne idée de l'ordonnancement des tâches et pourra mettre les efforts nécessaires aux points stratégiques du projet. Lors du déroulement des travaux, un graphique du flux monétaire pourra être généré, donc l'utilisateur contrôlera mieux l'approvisionnement des divers matériaux sur le chantier. On retrouve au tableau XII – Rapports d'avancement et le tableau XIII – Flux monétaire, les données que le laboratoire virtuel utilisera lors de la génération des rapports en question. Ces rapports seront expliqués en détail au point 3.2.2.7 Menu de l'étape 'Réalisation'.

Tableau XII

Rapports d'avancement

Champs nécessaires	Données
Nom de l'activité	
Début réel	
Début planifié	
Début au plus tôt	
Fin réelle	
Fin planifiée	
Fin au plus tôt	
Durée réelle	
Durée restante	
Durée	
Variation de début	
Variation de fin	

Tableau XIII

Flux monétaire

Champs nécessaires	Données
Nom de l'activité	
Coût planifié	
Coût réel	
Coût restant	

2.1.7 Qualité

Les données des tables 'Rapports d'avancement', 'Flux monétaire' et 'Plans et devis' serviront à fournir un rapport Qualité afin d'effectuer le contrôle qualité du projet. Les données contenues dans les tableurs 'Rapports d'avancement' et 'Flux monétaire' seront utilisées afin de maintenir la qualité de la gestion du projet (suivis des temps d'exécution et des coûts budgétés) et celles contenues dans le tableur 'Plans et devis' serviront à mesurer la conformité des matériaux commandés et installés dans le projet par rapport à ce qui a été demandé par le donneur d'ouvrage. D'autres données qui ne retrouvent pas dans un tableur peuvent être ajoutés par l'utilisateur, comme le test de capacité portante du sol ou le test de verticalité de la structure en cas de projet comportant une structure métallique.

Ainsi, lors de la réalisation du projet, des actions concrètes pourront être immédiatement posées afin de réduire les risques de poursuites causées par des retards d'exécution ou la mauvaise installation des composantes du bâtiment. Le donneur d'ouvrage pourra ajouter la liste des contrôles qualité qui seront utilisés lors de la construction du bâtiment dans le devis ou tout autre document technique.

2.2 Logiciels utilisés

Le laboratoire virtuel de gestion de projets en construction fonctionne avec deux types de composantes, soient les tableurs, où l'information est stockée et des logiciels spécialisés, qui permettent d'obtenir les données. Une liste de logiciels existants sur le marché est présentée au tableau XIV – Liste des logiciels existants classés par catégories. Cette liste est à titre indicatif car le marché regorge d'un très grand nombre de logiciels spécialisés dans le domaine de la construction¹.

Tableau XIV

Liste des logiciels existants classés par catégories

Catégorie	Nom du logiciel	Compagnie distributrice
Planification	MS Project Project Manager Project Scheduler Timesheet AlexsysTeam OpenAir	Microsoft Primavera Scitor Tenrox Alexcorp Open Air
Suivi de coûts de construction	Projux WebShadow OpenAir Deltek Cobra	Projux Yahara Software Open Air Deltek
Gestion de projets	Expedition SharePoint Services Project Desk VPMI PPM, PSA Project Insight PPM6	Primavera Microsoft DeskShare Virtual Communication Services Tenrox Metafuse e-Project Enterprise

¹ Le tableau des sites Web se trouvent à l'annexe 1 – Sites Web des applications du domaine de la construction

TABLEAU XIV (SUITE)

Catégorie	Nom du logiciel	Compagnie distributrice
Gestion de projets	Prosight Portfolio GroupForce Project BPS Server, Process Execution Module Chimes RPM Eden Project Manager Pi Niku 6 Deltek WelcomPortfolio, Deltek OpenPlan PlanView Enterprise Portfolio Manager	Prosight NOVAData Information Systems BPS KnowledgeStorm EDEN PointinSight Gantthead Deltek PlanView
Gestion des ressources	Empire Resource Chimes RPM OpenBox Plan View Enterprise	WSG Systems, Corp. KnowledgeStorm Plan View
Estimation	Timberline Office Bid4Build WinEst Pro, e-team L'Estimateur Général Gextim Projest Cost Management	BestSoftware Bid4Build Enterprises, LLC WinEstimator Les services informatisés Estimation Construction Canada LUQS International Maxwell System inc.
Gestion de projets	AceProject ICPM Smart Contractor Construction Manager Maxwell Management Suite	Websystems HeadsUp Smart Construction Software Fingertips Solutions Maxwell System inc.

Lorsque les logiciels d'estimation et de planification devront être sélectionnés pour faire partie intégrante du laboratoire virtuel, certaines caractéristiques seront prisées. Voici les principales :

- Compatibles entres eux ainsi qu'avec les logiciels SQL, MS Excel, MS Word;
- S'opère sur Windows XP édition professionnelle;

- Facile d'utilisation;
- Frais d'acquisition et de maintenance relativement faibles.

Un bouton de type macro sera présent dans chaque application utilisée par le laboratoire. Ceci permettra de naviguer entre le laboratoire virtuel et les applications.

2.3 Structure des fichiers

Les fichiers sont en fait tous les rapports qui seront issus du laboratoire virtuel. Ainsi, l'utilisateur pourra se servir des résultats d'avant-projet lors de la réalisation afin de les comparer avec les données réelles. Tous les fichiers pourront être visualisés à partir du site Web créé lors de la simulation. Voici la liste des rapports qui seront générés par le laboratoire virtuel :

- Informations sur le projet;
- Plans et devis;
- Estimé;
- Formulaires de soumission;
- Échéancier;
- Nom des fournisseurs;
- Bons de commande;
- Rapports d'avancement;
- Flux monétaire;
- Contrôle quantité.

La figure suivante illustre sommairement les équipements informatiques qui composent le laboratoire virtuel. Le vocabulaire employé dans ce schéma est expliqué dans le lexique.

Tel qu'illustré à la figure 5 - Schématisation des équipements informatiques composant le laboratoire virtuel, le client commence par atteindre le site Web du laboratoire virtuel. Il doit alors s'authentifier afin de franchir le pare-feu externe. Plusieurs types d'authentifications sont disponibles. Selon le site Internet de Microsoft², il est suggéré d'avoir recours à l'authentification intégrée de Windows (anciennement NTLM). Une fois la première authentification franchie, l'utilisateur verra le menu de Bienvenue du laboratoire virtuel apparaître. Une seconde authentification permettra d'accéder aux projets sauvegardés pour le nom d'utilisateur concerné. Cette authentification est contrôlée par le pare-feu interne. Celui-ci sert à sécuriser le serveur des bases de données. Le serveur Web sert à contenir le site Web qu'est le laboratoire virtuel. Aussi, ce serveur permet de faire afficher les différents rapports que l'utilisateur appellera.

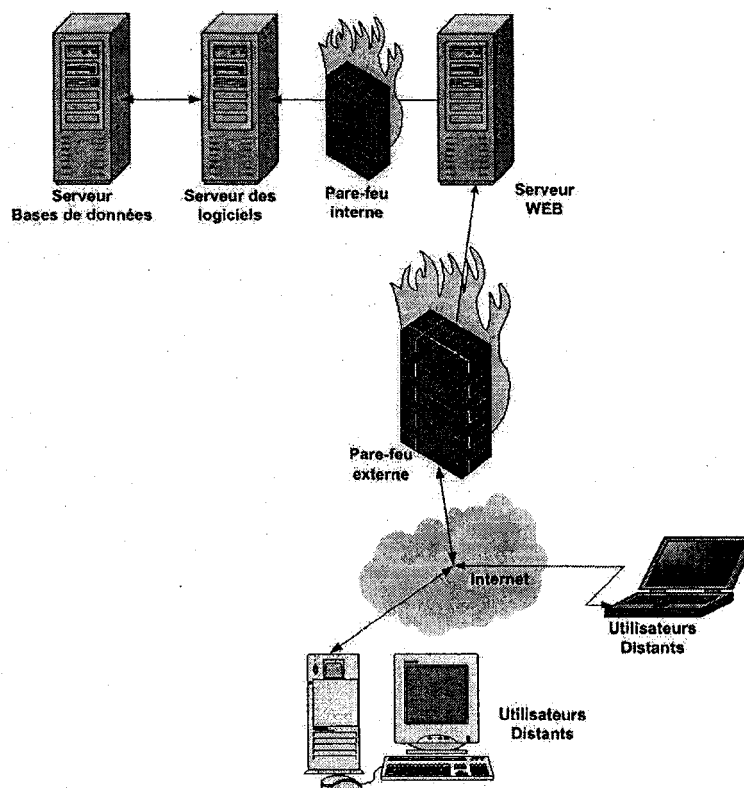


Figure 5 Schématisation des équipements informatiques composant le laboratoire virtuel

Toutes les bases de données des projets ainsi que les rapports générés par le laboratoire virtuel se trouvent sur le serveur 'Base de données'. Dans chacune d'elles se trouve les tableurs avec les données entrées par l'utilisateur et celles générées par le laboratoire virtuel.

Les applications que le laboratoire virtuel se sert pour effectuer le travail se trouvent sur l'équipement 'Serveur des logiciels'. Tous les résultats sont acheminés vers les tableurs à l'aide de macros qui doivent être ajoutées aux différents programmes utilisés.

CHAPITRE 3

CARACTÉRISTIQUES DU LABORATOIRE VIRTUEL

Dans ce chapitre, les caractéristiques des usagers et de l'extranet seront définies et illustrées. Tout d'abord, tous les types d'usagers susceptibles d'utiliser le laboratoire virtuel de gestion de projet de construction seront énumérés et définis. Il est important de savoir à qui s'adressera ce laboratoire. Le laboratoire virtuel remplit plusieurs fonctions telles l'élaboration de scénarios, des tests d'applications spécialisées ainsi que la collaboration avec les divers intervenants d'un projet. Dans la dernière partie de ce chapitre, une proposition d'extranet sera décrite. Cette portion du travail illustrera les différents menus dans lesquels les usagers devront naviguer. Chacun d'eux sera décrit en détail afin de bien expliquer au lecteur le déroulement de la séance de travail. Un exemple sera aussi disponible à l'annexe 2 Exemple d'application du laboratoire virtuel.

3.1 Accessibilité et définition des usagers

Dans un projet de construction, plusieurs personnes sont impliquées. Il s'agit des intervenants. À l'étape de faisabilité du projet, le donneur d'ouvrage engage des professionnels ou un gérant de projet, selon le type de contrat et le mode de réalisation choisi. Une fois toutes les analyses préparatoires conclues, le projet est jugé rentable et le feu vert est alors donné (Go). À la seconde étape, soit la planification et la conception, les professionnels entrent en contact avec des entrepreneurs, des sous-traitants et des fournisseurs. Plusieurs avis techniques seront échangés entre eux. Une fois la conception détaillée terminée, des prix soumissionnés seront remis et un contrat sera octroyé au plus bas soumissionnaire. La phase de réalisation s'enclenche donc et les entrepreneurs donneront des contrats à leurs sous-traitants et fournisseurs. Les entrepreneurs seront surveillés par les professionnels engagés par le donneur d'ouvrage. Lorsque le projet est

terminé, les professionnels s'assureront que l'ouvrage est conforme et de qualité. Ils recommanderont l'acceptation par le donneur d'ouvrage. La figure 6 illustre les interactions entre les intervenants selon la phase du cycle de vie d'un projet. Les liens et les zones grises illustrent les contacts entre les intervenants.

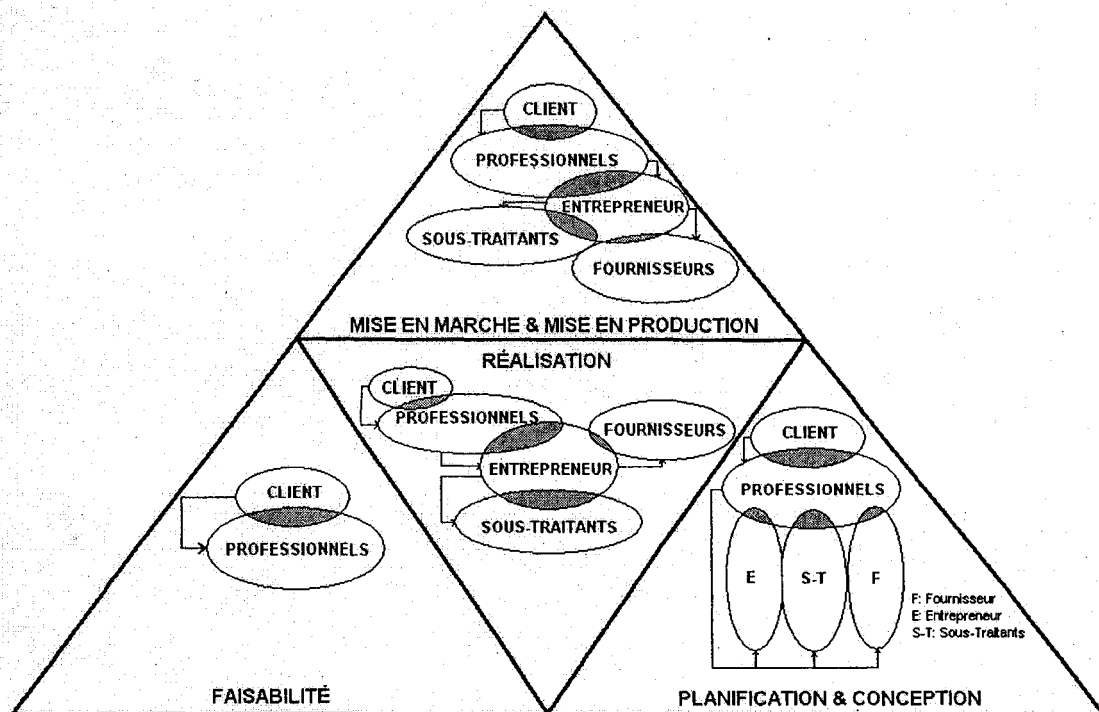


Figure 6 Interaction entre les intervenants selon la phase du cycle de vie d'un projet

Dans le cadre d'utilisation du laboratoire virtuel, les intervenants seront nommés utilisateurs. Les prochains paragraphes décriront les donneurs d'ouvrages, ou propriétaires, les professionnels ou ingénieurs et architectes, les entrepreneurs généraux et les entrepreneurs spécialisés ou sous-traitants. On retrouvera les principales sources d'utilisation du laboratoire virtuel, selon le type d'utilisateur. Chacun y trouvera son compte. Que ce soit à la phase d'avant-projet ou pendant la réalisation du projet, les utilisateurs pourront tester à bon escient les diverses possibilités du laboratoire virtuel.

Tous les usagers désirant utiliser le laboratoire virtuel devront obtenir préalablement un code d'accès (nom d'utilisateur) et un mot de passe en contactant l'administrateur du laboratoire virtuel. Ces paramètres seront valides pour une durée qui devra être déterminée lors des futurs développements de ce projet. Les critères de sélection d'une période donnée concerneront particulièrement la sécurité des données. Ainsi, pendant la période déterminée, les utilisateurs pourront accéder à distance au laboratoire et s'en servir comme outil d'aide à la décision ou pour effectuer des analyses de projets. Les données générées par le laboratoire virtuel demeureront confidentielles. Ainsi, en phase d'avant-projet, les scénarios expérimentés pourront être enregistrés dans le système et les utilisateurs pourront les consulter à nouveau lors de la phase de réalisation du projet. Les données pourront être ajustées afin de refléter les développements survenus au cours du processus de projet.

Les coûts d'utilisation ne seront pas abordés dans le présent travail. Comme la technologie évolue très rapidement, ceux-ci devront être établis en temps et lieu.

3.1.1 Donneurs d'ouvrages

Premièrement, le laboratoire virtuel de gestion de projets en construction servira aux donneurs d'ouvrages. Il peut s'agir de promoteurs immobiliers ou toute compagnie désirant faire des travaux de construction ou de rénovation de bâtiments. L'utilisateur pourra, en suivant les différents menus, effectuer une simulation d'un ou de plusieurs projets. Par exemple, selon les coupes-types choisies, le promoteur décidera du type de maison à construire. À l'aide de l'estimation des coûts du projet, il pourra avoir un ordre de grandeur de la somme qu'il en coûtera pour développer un nouveau quartier de maisons. L'échéancier généré lui indiquera le temps à prévoir pour le développement dudit projet domiciliaire. Ensuite, il sera rapide et aisé de se servir des résultats pour monter un dossier de projet afin de trouver le financement nécessaire.

Les premières données du laboratoire virtuel ainsi générées serviront de données préliminaires. Dans une version future du laboratoire, il pourrait être possible d'obtenir des montants budgétaires et détaillés, selon la phase de projet choisie par le donneur d'ouvrage.

3.1.2 Professionnels

Le laboratoire virtuel pourra servir aux professionnels du milieu de la construction afin de les guider dans la phase d'avant-projet. Comme pour le donneur d'ouvrage, ils pourront choisir parmi plusieurs options de projets selon les résultats des simulations. Le laboratoire pourra leur être utile par la suite lors de la phase de la réalisation du projet. Ainsi, ils pourront s'assurer de la validité des renseignements reçus de l'entrepreneur général et des autres intervenants du projet. Il leur est aussi possible de travailler en collaboration avec un donneur d'ouvrage afin d'élaborer un plan de projet. Ils auront ainsi accès à tous les menus disponibles dans le laboratoire virtuel.

3.1.3 Entrepreneurs généraux

Un des utilisateurs qui profitera le plus de ce laboratoire est sans aucun doute l'entrepreneur général du projet. En plus de se servir du laboratoire en début de projet (le formulaire de soumission et l'estimé des coûts seront générés avec un minimum d'efforts), cet utilisateur pourra se servir de l'échéancier résultant de la simulation pour la phase de la réalisation du projet. Moyennant quelques corrections, l'échéancier sera déjà préparé. Ensuite, des mises à jour pourront être réalisées et les bons de commande seront également générés. Les résultats des simulations serviront tout au long du projet et plus de temps pourra être utilisé en action directement sur le chantier. Les pertes de temps pour faire des rapports seront diminuées de façon significative.

Un travail en collaboration avec les professionnels sera aussi facilité en utilisant ce laboratoire. À distance, chaque utilisateur aura accès aux données des simulations du projet. Des scénarios de résolution de problèmes pourront être testés par les utilisateurs du laboratoire virtuel. Par exemple, en ayant accès à l'échéancier, des scénarios pourront être testés en temps réel par l'entrepreneur en accord avec le donneur d'ouvrage. Ainsi, des déplacements pour des réunions pourront être évitées et les décisions prises lors de la simulation en laboratoire virtuel pourront être commentées et inscrites dans un rapport, au même titre que les minutes de réunion.

Pour des raisons d'ordre pratique, tous les menus seront aussi disponible pour l'entrepreneur général.

3.1.4 Entrepreneurs spécialisés

Tout comme l'entrepreneur général, les entrepreneurs spécialisés pourront exploiter le système de simulation de projet afin d'obtenir rapidement un formulaire de soumission, un estimé des coûts et un échéancier de projet. Pour ce qui est de l'échéancier, le sous-traitant aura les grandes lignes de sa partie et pourra ajouter ses propres activités à l'échéancier maître. Comme cela, le propriétaire aura l'heure juste en début de projet sur le détail des tâches des sous-traitants et pourra travailler en étroite collaboration avec l'entrepreneur général sur le déroulement du projet. Il sera aussi possible aux sous-traitants de travailler en collaboration avec l'entrepreneur général du projet sur des simulations de scénarios afin de régler (ou éviter) certains problèmes.

Pour des raisons d'ordre pratique, les entrepreneurs spécialisés n'auront pas accès au menu de l'étape de la faisabilité. Ainsi, ils ne pourront pas changer les données du projet concernant les plans et devis. Ils pourront mettre facilement l'échéancier à jour selon leur partie des travaux.

3.2 Extranet proposé

Un extranet est une solution envisageable à l'implantation du laboratoire virtuel car ceci permet un accès sécurisé pour les utilisateurs. Il sera disponible, à distance, de partout dans le monde. L'extranet sera accessible seulement par les utilisateurs du laboratoire virtuel qui possèdent un compte actif. Cette adresse permettra d'accéder à un espace de travail virtuel où seront confinées les données de projet. Les prochains points expliquent en premier lieu les notions théoriques des différents aspects tenus en compte dans le laboratoire virtuel et en second lieu le parallèle avec le projet du laboratoire virtuel, dont les caractéristiques et l'aspect visuel.

3.2.1 Caractéristiques

L'extranet du laboratoire virtuel en gestion de projets de construction devra comporter plusieurs caractéristiques dont celles-ci:

- **Sécuritaire** : Pour éviter d'être attaqués par l'extérieur, pour protéger l'intégrité des données du projet et pour limiter l'accès aux usagers authentifiés;
- **Disponible de partout dans le monde** : Pour permettre une plus grande flexibilité que l'intranet et pour permettre une plus grande visibilité;
- **Facile d'utilisation** : Pour l'apprentissage du logiciel qui doit se faire rapidement et qu'il est important que les usagers obtiennent un résultat dès la première utilisation;
- **Versatile** afin de s'adapter aux différentes phases d'un projet : Même si dans une première version, le laboratoire simule des projets simples, il est important que les fonctionnalités soient pleinement opérationnelles et que l'utilisateur puisse avoir accès à tout ce qu'il est nécessaire d'avoir dans le cadre de la gestion du projet.

3.2.2 Aspect visuel du laboratoire

Cette partie du travail décrit l'environnement visuel des divers menus sur lesquels l'utilisateur aura à naviguer. Afin de toujours bien situer l'utilisateur, un schéma indiquant à quelle étape est rendue la simulation sera visible à gauche de chaque menu. De plus, il sera toujours possible d'arrêter la simulation, quelle que soit la raison (bouton rouge indiqué 'Arrêt'). L'utilisateur sera amené automatiquement au menu d'enregistrement du projet. Il sera libre d'accéder aux divers résultats via les logiciels utilisés par le laboratoire. Il peut donc changer les données désirées du scénario en cours, afin de refléter toute situation voulue.

3.2.2.1 Écran de bienvenue

Les utilisateurs doivent entrer dans le laboratoire virtuel par ce menu. C'est à cet endroit qu'ils seront authentifiés. On y retrouve les champs du type d'utilisateur, du nom d'utilisateur et celui de son mot de passe ainsi que le nom du projet. Ces informations auront été envoyées par l'administrateur du laboratoire (qui est à être déterminé lors d'une étape future). Dans les cas d'un nouveau projet, le choix 'Nouveau projet' sera disponible du champ 'Nom du projet'.

Le champ 'Type d'utilisateur' détermine quel nom de projet sera disponible. Ainsi, l'entrepreneur général n'aura pas accès aux scénarios du propriétaire et vice-versa. Par contre, le choix 'Tous les intervenants' pourra être choisi afin qu'une version commune soit accessible par tous. Voici les cinq choix disponibles :

- Donneurs d'ouvrages;
- Professionnels;
- Entrepreneurs généraux;
- Sous-traitants;
- Tous.

Lors de la phase d'avant-projet, ou de faisabilité, seuls les donneurs d'ouvrages et les professionnels auront accès au laboratoire virtuel. Une fois le contrat octroyé, donc rendu à la phase planification et conception, l'entrepreneur général aura accès. Par la suite, seuls les sous-traitants ayant un contrat octroyé par l'entrepreneur général auront accès au laboratoire virtuel.

Afin que le système reconnaisse un usager, celui-ci devra s'inscrire au préalable. Lors de son inscription, l'administrateur du laboratoire virtuel demandera les informations suivantes au futur utilisateur :

- Prénom;
- Nom de famille;
- Compagnie pour laquelle l'utilisateur travaille;
- Titre de son emploi;
- Coordonnées telles que l'adresse courriel et le numéro de téléphone;
- Date d'expiration.

Les informations seront enregistrées dans une base de données. Celle-ci gèrera les accès tout au long du projet. Une date d'expiration ainsi que les phases de projet seront associées à chaque utilisateur. Si plusieurs utilisateurs pour une même compagnie devaient utiliser le laboratoire virtuel, l'administrateur pourrait décider de ne fournir qu'un nom d'utilisateur et un mot de passe commun. La première raison est d'alléger la gestion des comptes. Une autre raison serait de faciliter l'accès aux membres du personnel d'une même compagnie. Par contre, si plus d'un projet est en cours dans le laboratoire virtuel, chaque utilisateur devra posséder ses propres coordonnées d'accès au système, pour des raisons de sécurité.

En tout temps, l'utilisateur devra sélectionner le projet sur lequel il veut travailler. Dans la base de données, pour chaque utilisateur, un champ 'Projet' y sera associé. Les différents scénarios par projet seront identifiés par un chiffre à la fin du nom du projet.

Ainsi, pour le projet nommé 'Test' (par exemple), il n'y a pas de scénario. Le même projet 'Test 1', signifie qu'il y a un scénario d'enregistré pour ce projet.

Si l'utilisateur désire débiter la simulation, il devra appuyer sur 'Go'. Si l'utilisateur désire terminer la session en cours, il devra appuyer sur 'Arrêt'. Le laboratoire virtuel fera alors apparaître le menu d'enregistrement (expliqué au point 3.2.2.9 Menu d'enregistrement) afin de sauvegarder le projet ouvert. La figure 7 illustre le menu de bienvenue au laboratoire virtuel. On peut y voir les différents champs disponibles.

Figure 7 Menu de bienvenue

3.2.2.2 Menu de l'étape 'Étude de faisabilité'

L'étape de l'étude de faisabilité comprend trois sous étapes qui, mises les unes après les autres, cerneront tous les aspects de la faisabilité. Chacune des sous étapes sera expliquée dans les paragraphes qui suivent.

Tout d'abord, il s'agit de l'étape 'Élaboration du projet'. Il faut identifier et décrire le projet. On retrouve l'analyse des besoins et sa raison d'être. La situation actuelle est

décrite afin de situer les lecteurs pour mieux comprendre la présence du projet. Les opportunités, les menaces et les problèmes à résoudre seront listés. Des objectifs seront identifiés à ce point. Les objectifs ont deux principales caractéristiques. Ils doivent être mesurables et vérifiables. Une fois les objectifs listés et décrits, il faut identifier les contraintes. Elles peuvent être considérées comme des éléments de risques.

Ensuite, il y a l'étape 'Études de faisabilité'. Il s'agit d'un rapport qui touchera à tous les aspects du projet.

Ce rapport doit comprendre une panoplie d'études :

- **Marché :**
Consiste à faire une planification stratégique, une cueillette de données, une analyse de marché et une stratégie de marché;
- **Technique :**
Contient l'envergure du projet, sa localisation, le WBS, le OBS (Organization Breakdown Structure), la conception de base avec les dessins d'implantation, la planification générale du projet (ou l'échéancier maître, expliqué en 2.1.4 Planification) et l'optimisation (analyse de la valeur). L'optimisation est l'explication de la fonction à la place de la description d'un élément;
- **Géotechnique (lorsque nécessaire) :**
Habituellement, une bonne contingence est à prévoir pour cette étude. Il s'agit des données topographiques et géologiques du site. Lorsqu'il y a plusieurs scénarios de sites, il faut prévoir une somme d'argent supplémentaire car le choix du site dépendra des données recueillies dans les échantillons lors des forages;
- **Environnementale (obligatoire) :**
Se nomme aussi étude d'impact. C'est à cette étape que le risque technologique est calculé (risque de catastrophe, indice de gravité). On évalue les impacts environnementaux. Habituellement, l'étude HAZOP est faite à ce point. Un plan de contingence sera aussi élaboré dans cette étude;

- **Financement :**

Fait en sorte qu'un type de prêt sera préconisé. La recherche de partenaires de financement sera faite à cette étape. Tout dépendant du nombre, les sources de financement se diviseront entre les emprunts, l'équité et l'aide gouvernementale. La proportion de toutes ces sources devra totaliser 100% du projet;

- **Conditions contractuelles :**

Déterminent le type de contrat signé. Le mode le plus traditionnel est le 'Clé en main'. On retrouve aussi le BOT, BOOT et leur équivalent pour la réhabilitation, soit le ROT et le ROOT (Rehabilitate Operate Transfer et Rehabilitate Operate Own Transfer). Tous ces modes contractuels sont expliqués au point 3.2.2.6. Menu de l'étape 'Approvisionnement';

- **Permis et approbations :**

Selon la complexité du projet, demandés à différents paliers gouvernementaux. Les gouvernements fédéral, provincial et municipal seront sollicités selon les lois et règlements en vigueur. Les délais d'émission des permis doivent être pris en compte dans l'échéancier de projet. Différents modèles de grilles sont possibles afin de faciliter le suivi des demandes;

- **Économique :**

Doit tenir compte des revenus, des coûts d'exploitation (investissements, frais d'opération, frais généraux) ainsi que des paramètres fiscaux et du rendement. Une structure de coûts devra être détaillée afin de catégoriser les dépenses selon leur nature;

- **Analyse de risque :**

Est en fait un document qui cerne les problèmes potentiels pour lesquels un projet serait mis en péril. Il faut identifier des types de risques, les décrire et les évaluer. Certains risques ne peuvent être complètement éliminés; il faut donc entrevoir différents scénarios (plans de mitigation). On peut faire des tableaux avec différents codes (couleurs, pourcentages, etc.) qui donnent rapidement le portrait de la situation. Différents outils d'analyse du risque sont disponibles,

dont des arbres de décision, l'analyse de sensibilité, la méthode Delphi ou consensus d'experts. Les risques se retrouvent à plusieurs niveaux dont la politique, les marchés, la réalisation, l'exploitation, etc.

La troisième étape est la 'Conception de la stratégie et approbation'. On y retrouve l'élaboration d'approches afin de mieux gérer la performance du projet. À cette étape, plusieurs analyses seront faites. Tout d'abord, une analyse des forces et faiblesses sera élaborée en tenant compte de plusieurs facteurs. Ces facteurs sont la qualité du produit ou du service, l'offre et la demande, les coûts d'exploitation, le temps de mise en marché, etc. Ensuite, une analyse des opportunités sera faite en tenant compte des éléments tels que les faillites des concurrents, les nouvelles technologies, les fournisseurs, divers changements (situation politique). C'est à cette étape que la mission, la vision et la stratégie marketing seront définies.

L'étude de faisabilité doit aussi comprendre une étude détaillée. Cette étude traitera des sujets tels que les procédés ou schémas de processus, des dessins d'implantation, les documents d'appel d'offre, la manière dont les soumissions seront évaluées (grilles d'évaluation par critères ou pondération selon les éléments retrouvés).

Maintenant, dans le laboratoire, quelques points se rapportant à l'étude de faisabilité sont soulignés parmi des questions auxquelles l'utilisateur devra répondre. Les questions figurent dans un menu appelé 'Simulation de la faisabilité', illustré à la figure 8. Ce menu comporte quatre sections, soient:

- Saisie des caractéristiques du bâtiment:

Une fois authentifié au laboratoire virtuel, l'utilisateur (sera généralement le donneur d'ouvrage) devra répondre à des questions concernant le projet en tant que tel. Par exemple, lieu de construction du bâtiment et la date de début du projet. Et d'autres questions concernant le bâtiment plus spécifiquement comme la longueur et la largeur.

Le lieu de construction a une incidence sur les prix des matériaux et sur le design de la structure du bâtiment. Selon les régions, les coûts des matériaux varient. Ceci est dû au fait que, par exemple, en cas de construction en régions éloignées des grands centres urbains, des coûts de transport soient applicables. Dans certains cas, les délais de livraison viendront modifier les dates d'approvisionnement et ainsi le projet sera d'une durée plus longue selon la localisation géographique. Selon la zone concernée par le code national du bâtiment, la structure sera composée différemment. En effet, les données concernant les chutes de neige sont un des facteurs à considérer lors du design d'un bâtiment. Une première version du laboratoire virtuel touchera les villes dont les designs se ressemblent. Donc, un choix limité de ville s'offrira à l'utilisateur.

Les dimensions du bâtiment auront un impact direct sur les quantités de matériaux impliquées dans le projet. Ainsi, cela aura une répercussion directe dans l'estimé du coût du projet ainsi que de la durée de la construction. Il est à noter que dans les grands centres urbains, différents phénomènes sont observés depuis quelques années. Le premier est la rareté des terrains. Ceci a comme effet d'augmenter le coût des bâtiments et des terrains, mais aussi en diminuer les dimensions. Le second phénomène est l'augmentation de la valeur des propriétés dans le marché. Depuis 1997, le prix de vente des maisons neuves a haussé de façon drastique, soit 26%³. Cette flambée des prix occasionne une augmentation du nombre de chantiers de construction résidentielle. Comme les entrepreneurs sont très en demande, le coût a tendance à monter;

³ Source : http://www41.statcan.ca/2162/ceb2162_003_f.htm Dernière consultation au 9 août 2006.

Les travaux connexes seront d'abord limités afin d'alléger la programmation pour une première version du laboratoire virtuel. Il y aura quelques choix, dont voici la liste :

- Cabanon;
- Solarium;
- Chemin d'accès;
- Traitement du sol.

Pour chaque choix, un montant forfaitaire sera attribué ainsi qu'une durée fixe. Les paramètres devront être élaborés lors de travaux futurs afin qu'un programmeur puisse automatiser l'attribution des coûts et de la durée.

- Choix des coupes-types:

À ce menu, l'utilisateur devra choisir, dans des menus déroulant, toutes les coupes-types qui caractérisent le bâtiment. Dans une première version du laboratoire, deux coupes-types par catégorie seront disponibles. Les boutons d'invitation à lancer la formule de soumission, l'estimé, l'information sur le projet ainsi que les plans et devis seront présents dans ce menu.

Le fait de pouvoir choisir différentes coupes-types qui composeront l'ensemble des coupes du bâtiment est essentiel au fonctionnement du laboratoire virtuel. Ce menu est obligatoire.

Les choix disponibles seront identifiés de manière à ce que l'utilisateur pourra déterminer, entre autre :

- Le parement extérieur du bâtiment;
- L'épaisseur du mur de fondation;
- La présence d'isolation sous la dalle sur sol;
- Le type de gypse et combien de planches d'épaisseur;

- Les revêtements de planchers (le nombre de pied carré par type de revêtement devra être inscrit);
- Le type d'isolation de toiture et le bardeau de toiture (durabilité).

LABORATOIRE VIRTUEL
SIMULATION de la Faisabilité

Faisabilité :	Caractéristiques du bâtiment		
Caractéristiques du bâtiment	Ville <input type="text"/>	Longueur <input type="text"/> p	Nombre d'étages <input type="text"/>
Coupes-types	Travaux connexes <input type="text"/>	Largeur <input type="text"/> p	Date de début <input type="text"/> JJ/MM/AAAA
Informations sur le projet	Choix des coupes types		
Plans et Devis	Date du sous-sol <input type="text"/>	toiture <input type="text"/>	
Estimation	Mur de fondation <input type="text"/>	Division <input type="text"/>	
Soumission	Murs extérieurs <input type="text"/> p12	Générer les Plans & Devis <input type="checkbox"/>	
Planification	Plancher 1 <input type="text"/> p12	Générer les Informations sur le projet <input type="checkbox"/>	
Approvisionnements	Plancher 2 <input type="text"/> p12		
Realisation	Plancher 3 <input type="text"/> p12		
Qualité			

Figure 8 Menu Faisabilité

- Génération du Formulaire de l'information sur le projet:

L'utilisateur sera invité à générer ce formulaire en cliquant sur un bouton. Ce formulaire servira à emmagasiner des données qui seront utilisées pour générer l'estimé à l'étape 'Estimation' dans le processus.

Ce rapport sera monté à partir des réponses données par l'utilisateur. Ainsi, tel que listé dans le Tableau V – Information sur le projet illustré au point 2.1.1 Étude de faisabilité, le questionnaire apparaîtra à l'écran et l'utilisateur pourra, après l'avoir rempli, soit imprimer le rapport tel quel ou exporter le contenu vers MS Word afin d'y apporter les correctifs nécessaires. Il peut s'agir d'ajouter des logos et personnaliser l'allure générale du rapport. Une fois modifié, ce rapport devra être sauvegardé dans le serveur de fichiers/rapports;

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION des Informations sur le projet		
Faisabilité :	Production du rapport de l'information sur le projet	
Caractéristiques du bâtiment	Informations sur les intervenants	Informations sur le soumissionnaire
Coupes-types	Nom :	Nom :
Informations sur le projet	Scénario # :	Spécialité :
Plans et Devis	Propriétaire :	Adresse :
Estimation	Architectes :	No. Téléphone :
Soumission	Ingénieurs :	No. Fax :
Planification		Signature :
Approvisionnements		No. RBQ :
Réalisation	Informations sur le projet	
Qualité	No. Des plans du projet :	
	Sections du devis :	
	Addenda :	
	Date de dépôt des soumissions :	
	Montant de la soumission en lettres :	
	Montant de la soumission en chiffres :	
	Numéro d'enregistrement de la TVQ :	
		Exportation de l'information vers MS Word

Figure 9 Menu de l'Information sur le projet

- Génération du Formulaire de Plans et Devis:

Selon les coupes-types choisies par l'utilisateur au menu 'Choix des coupes-types', des illustrations de ces coupes s'afficheront dans un document Word. De plus, un devis listant les matériaux ainsi que leurs spécifications quant à leur pose sera aussi généré. Un bouton invitant l'utilisateur à poursuivre la simulation est aussi présent.

Le laboratoire virtuel possède une banque d'illustrations de chaque coupe-type disponible au menu 'Coupes-types'. Ainsi, selon les choix de l'utilisateur, l'illustration associée apparaîtra au menu 'Plans et devis'. Chaque illustration listera les matériaux que l'on y voit. Ces listes de matériaux seront inscrites dans le Tableau I - Matériaux de construction expliquées au point 2.1.1 Étude de faisabilité. L'utilisateur pourra donc valider ses choix. Si d'autres options doivent être évaluées par le laboratoire, celui-ci devra appuyer sur 'Arrêt' et le laboratoire montrera le menu d'enregistrement. Ainsi un chiffre pourra être ajouté à la fin du nom de projet et ceci constituera alors le scénario de projet.

Si l'utilisateur désire inclure les coupes-types dans un rapport quelconque, il n'aura qu'à appuyer sur le bouton 'Exportation des plans et devis vers Adobe Acrobat'.

Le bouton 'Go' indiquera au laboratoire virtuel que les données peuvent être transférées au logiciel d'estimation pour la prochaine étape. Le menu 'Estimé' apparaîtra.

Peu importe les réponses fournies par l'utilisateur, le fonctionnement du laboratoire sera toujours le même. Des macros prendront les renseignements des coupes-types choisies dans le tableur 'Coupes-type'. Ensuite, d'après les réponses des dimensions et du nombre d'étages inscrites par l'utilisateur, un calcul de quantités de matériaux sera effectué par une autre fonction informatisée du laboratoire. Les résultats des quantités nécessaires des matériaux seront transcrit dans un logiciel d'estimation (listés au point 2.2). Le lieu de construction fera inscrire un taux d'ajustement aux coûts des matériaux de construction tenus en compte à l'étape de l'estimation (expliqué au point 3.2.2.3). Ce taux sera appliqué avant la transcription des quantités dans le logiciel d'estimation. Les réponses fournies concernant les travaux connexes seront aussi ajoutées comme éléments dans le logiciel d'estimation. L'utilisateur aura le choix parmi plusieurs coupes-types. Ces paramètres seront considérés tout le long de la simulation.

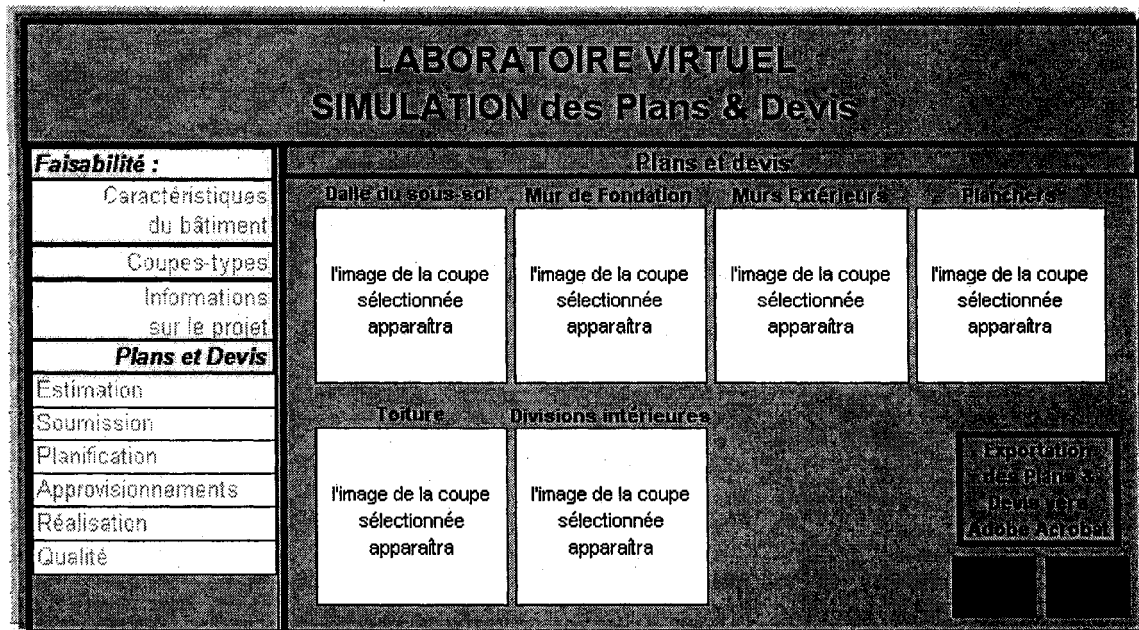


Figure 10 Menu Plans & Devis

3.2.2.3 Menu de l'étape 'Estimation'

Selon la phase du projet, un type spécifique d'estimé de coût du projet sera préconisé. Lors de la phase de la faisabilité, un estimé préalable sera produit. Il sert à avoir un ordre de grandeur du coût d'un type de projet. Cet estimé possède la plus grande marge d'incertitude avec plus ou moins 25%. Les détails non spécifiques à l'ouvrage en tant que tel devront être étudiés avec attention. Ces informations indiquent si un projet est standard ou non. Des paramètres tels que l'environnement physique, géologique, le design architectural ainsi que les matériaux requis pour la construction seront analysés et quantifiés lors de l'estimé préliminaire. Une recherche des constructions similaires pourra ensuite être menée afin d'établir un coût au pied carré ou par unité quelconque. Par exemple, dans le cas d'une construction d'un complexe résidentiel de huit logements, avec entrée laveuse/sécheuse, planchers de bois et deux balcons, un coût 'X' a été payé pour ce projet. À partir de données connues, il est facile de trouver un montant pour chaque logement. En multipliant le nombre de logements du nouveau projet par le coût unitaire des appartements du projet terminé, on peut obtenir un coût

total pour le nouveau projet. Ensuite, en additionnant les coûts tenant compte de l'environnement spécifique au nouveau projet, un montant global du projet sera déterminé.

Une fois le projet accepté, une estimation préliminaire sera fournie par les professionnels au propriétaire. Cet estimé changera selon l'évolution du design. Afin de fournir un estimé adapté à la phase 'Planification et conception', la méthode élémentaire doit être appliquée. Cette méthode, comme le nom l'indique, prend en compte tous les éléments majeurs d'un projet. Cet estimé est un peu plus précis (plus ou moins 15% du coût global du projet). À la place de prendre un coût par unité quelconque ou de surface, un calcul est fait par élément (murs, plafond, toiture, planchers, etc.). Ainsi, pour une construction dont les coupes-types montrent des matériaux non usuels, le coût devra être majoré en fonction du prix de chaque élément qui le compose.

L'estimé définitif ou coût visé est précis à plus ou moins 10% du coût total du projet. Il est aussi produit à la phase de 'Planification et conception' du cycle de vie du projet. Cet estimé servira de guide pour le contrôle de coût (phase 'Réalisation', expliquée en 3.2.2.7 Menu de l'étape 'Réalisation').

Pour ce qui est de l'estimé détaillé, il s'agit en fait d'un amalgame de types d'estimations pour lesquels le coût se rapproche à plus ou moins cinq pourcent du coût total du projet.

Les manières de parvenir à un montant total selon le type d'estimé seront déterminées par le type de marché proposé par le donneur d'ouvrage combiné à la phase du cycle de vie du projet.

Voici les cinq principales façons :

- Par analogie :

Ce type d'estimé est utilisé lors de la phase de faisabilité. Aucune prise de mesure n'est nécessaire pour l'estimation par analogie. Il s'agit de trouver des projets comparables. On divise le coût total du projet terminé par l'unité désirée. Ensuite, on multiplie le coût unitaire trouvé par le nombre d'unités concernées dans le projet sous étude. Cette technique est maîtrisée seulement par des estimateurs très expérimentés;

- Forfaitaire :

Il s'agit ici d'un estimé qui comprend à la fois des prises de quantités faites par un estimateur (métré) et les prix fournis par les sous-traitants. Après une analyse des prix reçus de la part de ceux-ci, le prix le plus bas par spécialité sera inclus dans la soumission finale de l'entrepreneur général. Enfin, selon les conditions du marché, des frais généraux (ou d'administration) et un pourcentage de profit seront ajoutés. Ainsi, le coût total du projet sera compilé;

- Prix unitaire :

Ce type d'estimation peut être effectué soit à partir des heures de main-d'œuvre, des quantités de matériaux nécessaires, de la location d'équipement, de prix de sous-traitants ou un mélange de ces types. La formule de base est la somme des coûts totaux divisée par une quantité. La difficulté de cette méthode est que le coût total est inconnu. Comme les équations de règles de trois doivent comporter au minimum deux données connues, l'application de l'équation est impossible. Il faudra alors calculer le coût total du projet puis il sera ensuite possible d'appliquer la formule pour chaque coût unitaire;

- Ascendante :

Cet estimé se fait à partir d'un échéancier complet. Le calcul du coût total du projet consiste à additionner les coûts de chaque activité ou lot de travail. Ce calcul se fera à l'aide du nombre d'heures nécessaires à chaque ressource

impliquée dans les tâches, ainsi que les fournitures de matériaux pour accomplir ces mêmes tâches. Différents types de ressources existent : matérielles, humaines et équipements;

- **Métré :**

Cette technique consiste à faire le relevé des quantités de matériaux qui apparaissent aux plans et devis. Chaque matériau possède sa propre unité de mesure. L'estimateur doit prendre les cotes qui figurent sur les plans du projet. Ces dimensions priment sur celles prises à l'aide d'instruments (règle triangulaire, logiciel de prise de quantités utilisé avec une table à digitaliser). Plusieurs méthodes de prises de quantités existent. Les estimateurs en adoptent une avec l'expérience. La rigueur est de mise afin d'avoir une méthode systématique pour n'importe quel type de projet.

Dans ce menu du laboratoire virtuel, deux sections seront présentes, soient:

- **Analyse des risques reliés aux coûts:**

L'utilisateur devra sélectionner des critères à considérer lors de la simulation. Ces critères sont des événements susceptibles de se produire. La liste des choix d'événements consiste, pour une première version, en la météo selon la saison, la pénurie de main-d'œuvre et la fluctuation des prix des matériaux.

En associant une cote de probabilité événementielle à un critère, l'effet multiplicateur se reflétera dans les résultats de l'estimé. Il est à noter que cette étape est facultative. Ainsi, l'utilisateur peut vérifier l'incidence de chaque critère ou la combinaison de ceux-ci, et, selon l'expérience et le bon jugement, valider la présence ou non de ces risques potentiels.

Par exemple, le critère 'Météo' est un élément d'incertitude. Il faut associer un facteur de risque aux données connues. Concrètement pour l'estimation, le climat affectera la durée des activités. En cas d'intempéries, des contingences

pour le temps supplémentaire devront être ajoutées aux coûts du projet. Les critères de sélection pour le facteur de risque 'Météo' sont les intempéries et les canicules.

Le critère de la pénurie de main-d'œuvre se fait sentir depuis quelques années⁴. Le manque d'ouvriers qui touche quelques disciplines dans certaines régions du Québec provoque des délais entre les activités. Cette pénurie fait donc augmenter les coûts reliés aux ressources humaines.

Voici la liste des sélections disponibles pour le critère 'Pénurie de la main-d'œuvre' :

- Journaliers;
- Couvresseurs;
- Peintres;
- Opérateurs de machinerie;
- Briqueteurs.

La fluctuation des prix des matériaux est un troisième facteur à considérer car plusieurs types ont augmenté. Les prix du bois et du métal ont subi des hausses dans les dernières années. Il arrive qu'entre le moment de l'estimé et de l'approvisionnement sur le chantier il se passe une demi, voire même une année entière. Le prix des matériaux a le temps de fluctuer à maintes reprises. Les deux matériaux pris en compte dans le laboratoire virtuel sont le bois et le métal.

Les champs '%' sont remplis par l'utilisateur. Ils correspondent au taux de pondération applicable sur les coûts qui se retrouvent dans l'estimé du projet.

⁴ Source : http://www.ccq.org/E7_EtatBassinsMO.aspx?lang=fr-ca&profil=Patronales Dernière consultation en date du 9 août 2006.

Plus un pourcentage sera élevé, plus le critère aura une incidence élevée sur le coût du projet.

Le bouton 'Générer l'analyse de risque' devra être cliqué par l'utilisateur afin de transmettre les paramètres au logiciel d'estimation.

- Génération de l'Estimé:

Dans ce menu, l'utilisateur pourra soit visualiser, imprimer et modifier l'estimé.

Selon la phase du projet (avant-projet ou réalisation du projet) des interactions diverses de la part de l'utilisateur seront possibles. Par exemple, si certains résultats ne reflètent pas la réalité, l'utilisateur peut changer des données et poursuivre la simulation avec le nouveau scénario.

La case 'Générer l'estimé' indique au laboratoire virtuel que, compte tenu des coupes-types choisies précédemment, des critères d'analyse de risque sélectionnés, des données inscrites concernant les informations sur le projet, un coût des travaux sera calculé. Toutes les données enregistrées dans les différents tableurs seront transférées dans le logiciel d'estimation choisi ultérieurement. Le résultat de la simulation de l'estimé apparaîtra dans le formulaire de soumission.

L'option 'Exporter l'estimé dans MS Word' pourra être sélectionnée dans les cas où l'utilisateur désirera modifier l'aspect visuel de l'estimé. Ceci pourra aussi faire partie de la documentation officielle du projet.

Tel que mentionné au point 2.1.2 Estimation, le laboratoire virtuel donne un estimé préliminaire par défaut. En cas de situation où il s'agit de la phase

d'avant-projet, l'utilisateur n'aura pas besoin de modifier l'estimé généré. Cependant, dans les cas de projets en phase de planification ou de réalisation, il sera préférable d'aller modifier les données de l'estimé. L'utilisateur pourra le faire en cochant la case 'Apporter des modifications à l'estimé'. Après avoir coché cette case, il devra ensuite cocher la case 'Go' afin d'accéder au logiciel d'estimation. Une fois dans l'application, l'utilisateur pourra effectuer toutes les modifications désirées.

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION de l'Estimé	
Faisabilité	Analyse de risque des coûts : (choix des critères - Pondération)
Estimation :	Météo <input type="text"/> <input type="button" value="OK"/>
Coupes-types	Pénurie de main d'œuvre <input type="text"/> <input type="button" value="OK"/>
Caractéristiques du bâtiment	Rareté des matériaux <input type="text"/> <input type="button" value="OK"/>
Analyse de risque des coûts	<input type="button" value="Générer l'estimé de l'analyse de risque"/>
Estimé	
Soumission	Estime
Planification	Générer l'estimé <input type="checkbox"/>
Approvisionnements	Exporter l'estimé dans MS Word <input type="checkbox"/>
Réalisation	Apporter des modifications à l'estimé <input type="checkbox"/>
Qualité	Impression de l'estimé <input type="checkbox"/>

Figure 11 Menu Estimé

3.2.2.4 Menu de l'étape 'Soumission'

Dans le processus traditionnel d'un projet, la soumission est une réponse à un appel d'offres (Baptiste, 1985). Une fois la phase de faisabilité terminée et que le résultat est un 'Go' (signifie l'acceptation du concept du projet), un appel d'offres est lancé par le donneur d'ouvrages. L'appel d'offres peut être soit public (annoncé dans 2 journaux différents) ou privé (communiqué verbalement ou par écrit).

L'appel d'offres public doit obligatoirement inclure certains points comme :

- Les noms (maître d'œuvre, professionnels);
- Les renseignements sur le projet (nom, description);
- La soumission (conditions d'obtention et de réception, garanties);
- Les exigences (spécifications pour les sous-traitants).

Si l'appel d'offres intéresse des soumissionnaires (entrepreneurs généraux et sous-traitants), ceux-ci n'auront qu'à suivre les instructions afin de se procurer les documents de soumission. Ces documents sont :

- Les instructions aux soumissionnaires;
- Les conditions générales et supplémentaires;
- Les plans et devis et addenda;
- La formule de soumission (le format diffère selon les donneurs d'ouvrage).

Les instructions aux soumissionnaires comportent des renseignements supplémentaires (donc non mentionnés) de l'appel d'offres. Il s'agit des obligations légales et les caractéristiques. Les obligations légales touchent à la responsabilité entre les soumissionnaires, les garanties et les dépôts des soumissions au BSDQ (Bureau des soumissions déposées du Québec). Les caractéristiques sont reliées aux qualifications et aux modalités contractuelles.

Lorsqu'il y a des conditions supplémentaires, elles doivent être prises en compte avant les conditions générales du projet. Les conditions générales du projet sont listées dans le document du Comité Canadien des documents de construction, communément appelé 'CCDC'.

Le formulaire de soumission est en fait une lettre qui est remplie par le soumissionnaire et qui sera envoyée au maître de l'ouvrage. Selon celui-ci, l'aspect du formulaire à remplir variera. Certaines données comme les noms (entrepreneurs, sous-traitants et

donneur d'ouvrage), les prix (global, garantie de soumission, ventilation des coûts) ainsi que les données relatives aux travaux (durée, garantie d'exécution, date de validité de la soumission) devront figurer sur le formulaire.

Une fois le contrat donné et accepté par l'entrepreneur général, d'autres documents devront être fournis par celui-ci, soient les cautionnements (de l'exécution, des obligations ainsi que les garanties et assurances).

Les cautionnements sont en fait des montants exigés en cas de problème. Le cautionnement de soumission qui correspond à 10% du montant de celle-ci, sert à payer le propriétaire advenant le cas où l'entrepreneur ayant eu le plus bas prix se désiste. Ainsi, la somme qui représente la différence entre le coût le plus bas et le coût du deuxième soumissionnaire ayant le plus bas prix sera remise au propriétaire en gage de compensation afin qu'il n'ait pas à payer plus cher que le prix le plus bas initialement reçu. Par contre, l'entrepreneur qui se désiste, devra rembourser la caution afin de garder bonne réputation et pouvoir en bénéficier pour des projets futurs.

Le cautionnement d'exécution qui sert à garantir le paiement complet des travaux, assume entre 50 et 100% des coûts restants d'exécution du projet, dans le cas où l'entrepreneur ne pourrait terminer leur exécution.

Le cautionnement de paiement permet au donneur d'ouvrage de s'assurer que tous les créanciers (sous-traitants, fournisseurs divers) seront payés au complet à la remise de l'ouvrage. En cas de non-paiement, les sommes dues seront à la charge de la caution. En cas d'absence de caution, il en revient au propriétaire de payer.

Le cautionnement d'entretien sert à garantir la qualité du travail exécuté. Donc, selon une date maximale indiquée au devis, tout problème qui survient concernant les matériaux et la main-d'œuvre impliquée sera corrigé.

Appliquée au laboratoire virtuel, cette étape est très simple. L'utilisateur n'a qu'une seule section à l'écran, soit:

- Génération du Formulaire de soumission:

Un bouton d'importation vers le logiciel MS Word sera présent dans ce menu. Ainsi, l'utilisateur pourra décider d'utiliser ce formulaire et de l'adapter au projet réel.

Une illustration du menu de l'étape de la soumission est disponible à la figure 12 Menu Formulaire de soumission.

Ce menu donne l'occasion à l'utilisateur de visualiser le formulaire de soumission créé à partir des données inscrites au tableur 'Formulaire de soumission'. Les données fournies par l'utilisateur ont été enregistrées préalablement selon les tableaux V – Informations sur le projet et VI – Estimé montrés au point 2.1.1 Faisabilité.

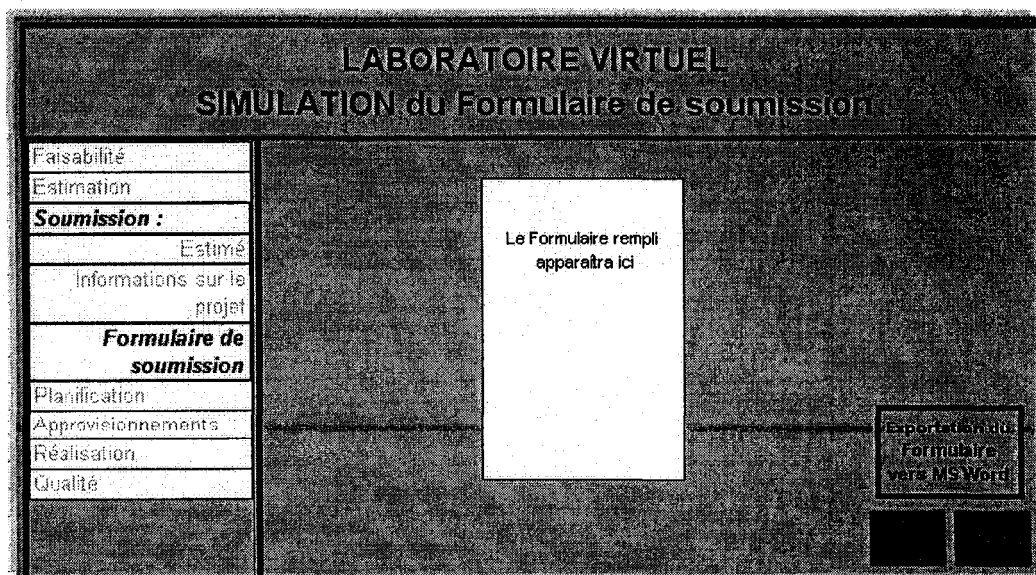


Figure 12 Menu Formulaire de soumission

3.2.2.5 Menu de l'étape 'Planification'

Il existe plusieurs catégories de planification. Elles seront toutes listées et expliquées dans les paragraphes suivants.

Premièrement, il y a la planification stratégique. Ce type de planification est employé afin de pallier aux divers problèmes stratégiques de l'entreprise. Elle sera appliquée à la phase de faisabilité dans le cycle de vie du projet. Elle permet de déterminer les orientations stratégiques de l'entreprise. L'entreprise doit s'identifier (vision) par rapport à la concurrence (mission) en se dotant d'objectifs à atteindre à l'aide de stratégies diverses telles que marketing, croissance, concurrence, affaire et ressources.

Deuxièmement, il y a la planification structurelle. Elle est employée pour organiser les ressources de l'entreprise. Elle sera élaborée lors de la phase de la planification et conception du cycle de vie du projet. Habituellement, on y retrouve la structure de la compagnie. Un organigramme organisationnel sera fait afin de planifier le système de communication, d'information, de contrôle, d'évaluation du personnel et le style de leadership préconisé. Cet organigramme déterminera le type de structure organisationnelle :

- Fonctionnelle :

La structure fonctionnelle répartit le personnel par spécialité, service ou département avec un supérieur hiérarchique. Chaque spécialité œuvrera indépendamment d'une autre. Toute communication entre les spécialités se transmettra par voie hiérarchique;

- Matricielle (faible, équilibrée, forte) :

La structure matricielle est une combinaison de la structure fonctionnelle et celle par projets. Les différents degrés dans la structure matricielle représentent les tendances à être plus du style fonctionnelle (matricielle faible) ou plutôt du style par projets (matricielle forte). La structure matricielle

équilibrée verra sa coordination du projet entre le personnel des différentes spécialités, sans le service 'Projet', car le chef de projet se retrouve dans une des spécialités et non pas dans le service 'Projet';

- Par projets :

Pour la structure par projets, le personnel sera attribué non pas par spécialité, mais par projet. Les diverses équipes seront dirigées par un chef de projet, et chacun d'eux aura comme supérieur immédiat le chef de la direction. Parallèlement au domaine de la construction, selon la littérature consultée, tout type de contrat confondu, c'est la structure fonctionnelle qui domine comme style de gestion.

La planification opérationnelle sera créée au cours de la phase de planification et conception du cycle de vie du projet. Elle est centrée sur l'utilisation des ressources. Les ressources sont de nature diverse : humaines, financières et physiques. Les ressources humaines comprennent, par exemple, la main-d'œuvre des sous-traitants et des journaliers des entrepreneurs généraux, les surintendants, etc. Les ressources financières concernent des éléments tels que le flux monétaire, les investissements, les ventes, etc. Les ressources physiques sont tous les équipements tels que bennes, grues et les matériaux comme par exemple la brique, la pierre, le tapis, etc.

Les aspects 'durée' et 'coût' des activités sont compris dans la planification opérationnelle. La durée d'une activité est déterminée par la formule mathématique :

$$D = \frac{Q}{P \times T}$$

Où D est la durée, Q est la quantité de travail à réaliser, P est la productivité et T est le nombre de ressources humaines nécessaires assignées à cette tâche.

Le coût est déterminé par cinq éléments (Martineau, 1996):

- Exigences du contrat :
Les exigences du contrat concernent les documents contractuels 'Plans et devis'. À partir des plans, les quantités seront relevées et à partir des devis, les matériaux y seront identifiés. Tout ce qui peut être effectué par des sous-traitants leur sera transmis;
- Plan d'exécution du projet :
Ce plan sert à déterminer et choisir des méthodes de construction. Selon les méthodes sélectionnées, différents équipements et opérateurs seront impliqués. Ces ressources sont associées à taux par heure d'utilisation;
- Ressources requises :
Après que le relevé des quantités soit fait et que les méthodes de construction sont déterminées, une analyse des ressources requises est enclenchée. Cette analyse permettra de valider si leur nombre est justifié et approprié au projet. Des ajustements pourront se faire avec toutes les implications pour le total des coûts;
- Productivité attendue des ressources :
Lorsque cet élément est analysé, plusieurs facteurs doivent être pris en considération. Par exemple, la productivité locale, plusieurs conditions (sol, géographie, météorologie) et le calendrier des travaux devront être évalués de près;
- Prix de la soumission :
Enfin, lorsque tous les éléments sont terminés, l'estimateur compile tous les coûts et la soumission sera alors complète. Chaque activité pourra obtenir un coût budgété.

Deux types d'échéanciers doivent être montés pendant la planification opérationnelle. Il s'agit de l'échéancier sommaire (ou directeur) et de l'échéancier détaillé. Chacun d'eux sera maintenant expliqué :

- **Sommaire :**

Ce type d'échéancier est utilisé lors de la phase de planification et conception du cycle de vie du projet. Il illustre les grandes lignes, phases, lots ou étapes du projet. Il donne un ordre de grandeur des dates de début et de fin de chaque subdivision des travaux. Il n'y a aucun calendrier de projet, ni d'assignation de ressources dans ce type d'échéancier. Il servira de squelette de l'échéancier détaillé et il est uniquement composé de tâches sommaires et de jalons. Seul ce type d'échéancier permet des liens entre les tâches sommaires. Comme il n'y a pas de tâches détaillées, on doit lier les tâches sommaires afin d'obtenir l'ordonnement du projet et avoir une date de fin plausible;

- **Détaillé :**

Une fois le contrat des travaux octroyé, un échéancier comprenant le détail de chaque tâche sera construit. De nos jours, les échéanciers se font tous à l'aide de logiciels informatiques spécialisés. Indépendamment du choix du logiciel, la méthodologie utilisée pour construire l'échéancier sera toujours la même.

Voici la liste des étapes avec une courte explication :

- **Inscription de la date de début du projet :**

Si un échéancier sommaire n'a pas été produit pour toutes sortes de raisons, on doit commencer par entrer la date de début du projet. Cette date servira à positionner dans le temps le jalon 'Début du projet';

- **Personnalisation du calendrier de projet :**

Tous les projets doivent avoir leur propre calendrier. Avant même de dresser la liste des activités, les congés des jours fériés et des vacances annuelles doivent être entrées. Ainsi, cette étape ne sera pas oubliée. Si le projet comporte un horaire particulier, cela devra se refléter dans un des

calendriers. Tout dépendamment de l'organisation et la taille de la compagnie, on pourra fabriquer un calendrier corporatif qui sera facilement adaptable aux divers projets. Ainsi, le planificateur n'aura pas besoin de partir à neuf pour les futurs échéanciers;

- Lister les tâches ou activités :

Cette étape consiste à dresser la liste de toutes les tâches et de tous les événements qui seront nécessaires pour exécuter le projet et le terminer selon les dates contractuelles. En prenant comme modèle l'échéancier sommaire, il s'agit d'éclater les subdivisions et d'y insérer les tâches détaillées. Plusieurs types de tâches existent. Il y a les indépendantes, les jalons de début et de fin, les tâches pilotées par l'effort et celles à capacité fixe, à durée fixe ou à travail fixe;

- Attribution d'une durée :

Nonobstant du travail à faire, il faut attribuer des durées à chaque tâche listée. En cas d'événement, la durée sera égale à zéro. L'événement est donc un jalon. D'autres événements auront une durée plus grande que zéro. Par exemple, le temps de cure du béton est un événement à inclure dans un échéancier;

- Ordonnancement des tâches :

Cette étape consiste à lier les tâches entre elles. On appliquera des prédécesseurs et des successeurs à chaque activité ou événement. Une planification bien structurée ne doit pas comporter d'activités sans lien (dites flottantes). Par exemple, une activité qui termine une subdivision doit soit être liée à une activité d'une autre subdivision ou elle doit être liée à un jalon déterminant un événement X. Habituellement, on retrouve un minimum de deux jalons dans un échéancier. Le premier est le jalon nommé 'Début du projet'. Donc, toutes les tâches qui n'ont pas de prédécesseur doivent être liées à ce jalon. Le deuxième jalon se nomme 'Fin du projet'. Alors, toutes les tâches qui n'ont pas de successeur

devront être rattachées à ce jalon. Cela facilitera le contrôle (ou mise à jour) du projet;

- Application des contraintes connues :

Chaque projet comporte des dates contractuelles à respecter. Il existe trois types de contraintes : temporelle, limitative et disjonctive. Le type de contrainte temporelle fait référence au temps. Cela veut dire que la date du début de la tâche sera déplacée dans le temps soit par les conditions météorologiques ou parce que cette tâche attend qu'une autre soit terminée. Les contraintes dites limitatives concernent les divers types de ressources. Un nombre maximal est disponible. Ainsi, il sera important d'effectuer le nivellement des ressources qui est expliqué à l'étape suivante. Dans les cas de contraintes disjonctives, cela implique qu'une ressource est unique ou très limitée et que plusieurs tâches dépendent de son utilisation. Qu'il s'agisse d'un commerce ou d'un hôpital, des pénalités seront chargées en cas de dépassement des travaux;

- Assignment des ressources :

Pour chaque tâche listée, il faut assigner des ressources afin d'y associer un nombre d'heures de travail nécessaires pour accomplir la tâche. Le nombre d'heures sera additionné et servira à produire certains rapports expliqués au point 3.2.2.7 Menu de l'étape 'Réalisation'. Avec l'assignation des ressources, il sera possible de visualiser leur occupation. Un nivellement des ressources pourra aussi être effectué afin de voir l'impact des disponibilités versus les dates contractuelles à rencontrer pour le projet;

- Validation des données :

Avant de faire la planification initiale, une dernière validation des données doit être effectuée. L'échéancier créé doit être réalisable, viable et logique. Le planificateur doit s'assurer que l'ordre des tâches respecte

les règles de l'art et qu'il n'y aura pas de chevauchement de certains travaux;

- Application de la planification initiale :

Cette opération consiste à enregistrer les données initiales de projet, qui seront ensuite comparées avec les données réelles lors du déroulement des travaux. Les logiciels informatisés prennent les données des champs de la date de début et de fin au plus tôt, durée, coût budgété et travail. Ces champs sont ensuite copiés dans les champs équivalents mais avec l'appellation 'Planifié'.

Lorsque vient le temps d'illustrer un échancier, trois formes de représentations graphiques existent soit : les diagrammes en réseau, les diagrammes à barres et l'échéancier. Les principaux éléments qui composent le diagramme en réseau sont des cercles, des rectangles (activités) et des lignes fléchées (liens). Toutes les méthodes de planification se présentent sous forme de réseau. Les différences entre chaque méthode seront expliquées plus loin dans le présent point. Pour faciliter la compréhension et améliorer l'aspect visuel, le diagramme à barres a été inventé. Il est plus connu sous le nom de diagramme de Gantt. Ce diagramme comporte parfois des liens entre les activités. Ce diagramme est un calendrier qui montre les activités avec leurs dates de début et de fin. Selon le PMBOK (PMI, 2005), l'échéancier, pour sa part, identifie les débuts ou fins planifiés des principaux livrables du projet. On verra aussi lorsque applicables, des liens vers des événements externes qui ont une influence sur le déroulement et l'issue du projet.

Tel que mentionné précédemment, il existe plusieurs méthodes de planification. Dans la panoplie des méthodes décrites dans la littérature, deux en sont la source. La première méthode est celle du 'Chemin critique' (CPM). Comme son nom l'évoque, elle sert à trouver le chemin critique. Celui-ci est caractérisé par une suite d'activités dont la marge totale est égale à zéro. Donc, si une activité est plus longue que prévu ou qu'elle est

retardée, cela impliquera systématiquement que la date de fin du projet est compromise. Le réseau CPM utilise des cercles (événements) reliés par des flèches (activités). On indique la description ou le code de l'activité au-dessus de la flèche et sa durée en dessous. Un cercle, ou nœud dans le langage de la planification, doit être numéroté. Ce cercle est alors divisé en trois parties, soient un demi-cercle (section du bas) et deux quarts de cercles (section du haut). Dans le demi-cercle on inscrit le numéro du nœud. Dans le quart de cercle de gauche, on inscrit le début le plus tôt (ES) et dans le quart de droite, on inscrit la fin au plus tôt. Le nœud à l'extrémité gauche de la flèche indique le début de l'activité et celui à l'extrémité droite indique la fin de cette même activité. Il est bon de préciser qu'un nœud qui succède une flèche et qui en précède une autre est la fin de l'activité 'A' et en même temps, le début de l'activité 'B'. La figure 13 illustre l'activité et les nœuds qui la précède et la succède.

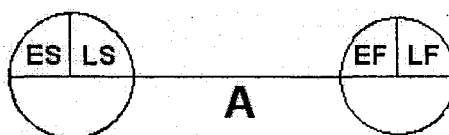


Figure 13 Schématisation du réseau CPM

Un des concepts de cette méthode est que pour qu'une activité puisse débiter, toutes les autres positionnées avant doivent être terminées. Un autre concept, celui de l'activité fictive a dû être introduit dans le réseau afin d'illustrer une situation particulière. Si jamais deux activités qui ont des durées différentes doivent être terminées avant qu'une troisième ne débute, un lien doit être indiqué dans le réseau. On doit avoir recours à une activité fictive, qui est représentée par un pointillé, de durée zéro.

Une fois que toutes les activités et les événements sont reliés, numérotés et identifiés, on doit procéder au calcul du réseau. Le calcul du réseau se fait en deux étapes très simples. La première étape s'appelle la passe avant. On doit inscrire les chiffres seulement dans le quart de cercle de gauche pour tous les nœuds rencontrés dans le réseau. Ce chiffre indique le début au plus tôt de l'activité 'B' et la fin au plus tôt de l'activité 'A'. Aussi, le

premier nœud doit être au temps zéro. Donc, dans le quart de cercle de gauche, on inscrit '0'. On additionne ensuite la durée de l'activité qui suit. Le résultat sera inscrit dans le quart de gauche du second événement rencontré dans le réseau. Les additions se poursuivent jusqu'à ce qu'on arrive à une branche. Cela signifie que des activités se retrouvent à être exécutées en parallèles. On procède alors aux additions des nœuds de la branche jusqu'à ce qu'on rencontre le nœud du réseau principal. Après avoir calculé les branches en parallèle, on calcule la portion du réseau principal parallèle aux branches calculées. Il se peut que les résultats soient différents. On inscrit alors le résultat le plus élevé dans le quart de gauche. On continue ensuite les additions et si d'autres branches d'activités sont rencontrées, le même exercice de comparaison des résultats se fera.

Lorsque tout le réseau est calculé, on procède à la deuxième étape, soit la passe arrière. Cette fois-ci, les dates de début et de fin au plus tard (LF) des activités seront calculées. On doit débiter par le dernier nœud du réseau. Le chiffre pris au départ est celui qui est inscrit dans le quart de gauche. On le transcrit donc dans le quart de droite. Ensuite, il s'agit de soustraire la durée de l'activité du résultat transcrit dans le quart de droite. Ce nouveau résultat est inscrit au dernier nœud du réseau. On fait donc le chemin inverse du réseau afin d'arriver au premier nœud. Il se peut que le résultat du quart de droite ne soit pas égal à celui du quart de gauche. Dans ce cas, on a une marge totale non nulle, ce qui signifie que cette activité ne se trouve pas sur le chemin critique. En identifiant le chemin critique, on sait quelles activités ont une influence sur la date de fin du projet.

La seconde méthode est celle de la technique d'évaluation et de suivi des projets (PERT). La principale caractéristique de cette méthode est le calcul statistique de la durée des activités ainsi que de la probabilité qu'une activité se termine dans un intervalle de dates spécifiques. En plus d'indiquer une durée normale pour chaque activité, deux autres types de durées sont ajoutés. Le premier type est une durée pessimiste. Cette durée est donc la plus longue que l'activité prendra pour être réalisée. Le second type est une durée optimiste. Cette durée est la plus courte que l'activité

prendra pour être finalisée. Selon des recherches, le temps attendu (t_e) pour qu'une activité soit complétée suit une distribution Beta. La formule pour calculer t_e est :

$$\frac{a + 4m + b}{6} \quad (3.1)$$

où a est la durée optimiste, b est la durée pessimiste et m est la durée normale d'une activité. Comme cette technique est probabiliste, ce qui sous-entend que les notions de la statistique seront appliquées, le concept de variance est utilisé. Adapté au domaine de la planification, le terme variance se traduit par la notion d'incertitude. Cette incertitude est la différence entre la durée pessimiste et la durée optimiste. Si l'écart est grand, l'incertitude à terminer l'activité sera grande.

Le graphe de la méthode PERT s'exerce surtout dans les cas de projets de recherche. Ces projets ont comme caractéristique de ne pas être des projets connus et maîtrisés.

La durée du projet s'appelle T_e . Par analogie à la méthode CPM, le ES devient T_e et le LF devient T_l . L'ensemble des durées moyennes des activités qui donnent la durée totale du projet suit la loi normale. C'est-à-dire que si on refaisait le même projet plusieurs fois, tous les résultats obtenus suivraient la courbe d'une distribution normale.

Concernant l'applicabilité au laboratoire virtuel, l'utilisateur sera amené à décider si l'échéancier doit être simulé ou non. Dans le cas positif, un bouton indiquant 'Génération de l'échéancier' pourra être cliqué. Le laboratoire enclenchera donc le processus d'ordonnancement des activités et de l'assignation des ressources aux diverses tâches.

Le calendrier pourra être modifié par l'utilisateur lors de la consultation de l'échéancier généré. Ce menu comportera deux sections soient:

- Analyse de risque du projet:

L'utilisateur sera invité, comme lors de l'analyse de risque de coûts, à entrer des critères et établir sa priorité. Ainsi, après le choix des critères, l'échéancier les prendra en compte et modifiera les résultats en conséquence. Le choix des

critères demeurent les mêmes que ceux identifiés pour l'analyse de risque des coûts.

Premièrement, le critère 'Météo' influencera les durées des activités. Selon la saison, diverses intempéries viendront entraver les travaux de construction :

- Tempêtes de neige;
- Vents très forts;
- Froid intense;
- Chaleur accablante.

Ces exemples d'intempéries viendront allonger les durées initialement prévues pour accomplir les tâches.

Ensuite, le critère 'Pénurie de la main-d'œuvre' pourra avoir un impact plus ou moins majeur. Les mêmes choix que ceux que l'on retrouve au point 3.2.2.3 Menu de l'étape 'Estimation' seront disponibles pour les risques du projet.

Enfin, la rareté des matériaux aura aussi un effet très néfaste sur le déroulement du projet. Selon l'expérience de l'utilisateur, ce critère pourra avoir un poids considérable. Tout comme dans le calcul des risques de coûts, un pourcentage devra être inscrit pour chaque critère de risque sélectionné et l'utilisateur devra ensuite peser sur le bouton 'Générer l'analyse de risque'.

Donc, si des critères ont été choisis lors de l'estimé, ceux-ci seront automatiquement inscrits dans le menu de l'étape de la planification.

Dans la seconde section, trois options s'offrent à l'utilisateur :

- Générer la planification :

Lorsque cette option sera cochée, le laboratoire virtuel prendra les données de l'estimé. Le logiciel d'estimation générera l'échéancier de façon automatique.

Une des principales caractéristiques que le logiciel d'estimation devra avoir est la compatibilité avec un logiciel de planification (expliqué au point 2.2 Logiciels utilisés). Ainsi, d'après l'estimé, un échéancier sera généré;

- Apporter des modifications à l'échéancier:

Cette option pourra être sélectionnée lorsque l'utilisateur désirera ajuster l'échéancier généré par le laboratoire virtuel. Un projet en phase de réalisation devra utiliser un échéancier de type détaillé. Tel que mentionné précédemment, le niveau de raffinement d'un échéancier variera en fonction de la phase où l'on se trouve dans le cycle de vie du projet. Par exemple, un entrepreneur général qui voudra obtenir une planification initiale pourra se servir de l'échéancier généré par le laboratoire virtuel;

- Impression de l'échéancier :

Une fois l'échéancier adapté et conforme au projet, l'utilisateur devra imprimer le résultat. Tel que lorsqu'il s'agit d'imprimer un document, l'utilisateur pourra choisir d'imprimer le document avec le logiciel Adobe Distiller. Ce logiciel sauvegarde un fichier avec l'extension pdf. Ce type de fichier peut ensuite être envoyé par courrier électronique (ou courriel) vers un destinataire quelconque. Ce type de fichier est généralement de plus petite taille que le fichier original émanant d'une application. De plus, on ne peut modifier son contenu, ce qui est une bonne manière de garder l'intégrité de l'information transmise.

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION de la Planification	
Faisabilité	Analyse de risque du projet : Choix des critères Ponderation
Estimation	Météo <input type="text"/> %
Soumission	Pénurie de main-d'oeuvre <input type="text"/> %
Planification :	Rareté des matériaux <input type="text"/> %
Estimé	Générer l'analyse de risques
Analyse de risque du projet	
Echéancier	Echéancier
Approvisionnements	Générer la planification <input type="checkbox"/>
Réalisation	Impression de l'échéancier <input type="checkbox"/>
Qualité	Apporter des modifications à l'échéancier <input type="checkbox"/>
	<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annuler"/>

Figure 14 Menu Planification

3.2.2.6 Menu de l'étape 'Approvisionnements'

L'approvisionnement est la somme des actions nécessaires pour se procurer la conception, la gestion et l'installation afin de mener à bien un projet et tout ce qui le concerne (Yates, 1991). Quatre concepts existent dans le domaine de l'approvisionnement, soient :

- Les commandes en mode 'Juste-à-temps';
- La gestion de la qualité totale;
- La différenciation entre les contrats internationaux et les contrats locaux;
- L'utilisation de l'informatique dans la gestion du matériel.

Il faut savoir que les acheteurs (voir ici le titre d'emploi dans une entreprise) et les vendeurs sont régis par des lois et des règlements. Lors de l'approvisionnement, il y est toujours question d'un document écrit. Il peut s'agir d'un bon de commande ou d'une lettre d'entente ou tout type de contrat en tant que tel. De plus, les biens acquis viennent avec une garantie.

Il y a quatre types de garantie, soient :

- De titre : le titre de propriété sera transféré au client, libre de toute charge;
- Mercantile : prêt à l'utilisation, sans défaut ou bris;
- Particulière : le vendeur choisit la marchandise pour l'acheteur car il a une meilleure connaissance de ce qui existe sur le marché;
- Express : selon la description du produit.

Selon le PMBOK (2000), la gestion de l'approvisionnement est divisée en six parties. La première est la 'Planification des approvisionnements. Les éléments touchés dans cette section aident à produire un plan de gestion de l'approvisionnement ainsi que la description des travaux. Les données utilisées dans cette étape sont, entre autres :

- Informations qui décrivent les produits;
- Structure de tout l'approvisionnement;
- Conditions du marché connues lors de l'élaboration de la planification de l'approvisionnement;
- Contraintes potentielles;
- Hypothèses de facteurs réels.

Des analyses qui aideront à déterminer ce qui pourra être produit de ce qui devra être acheté servent à calculer quelle option reviendra à moindre coût. Les coûts doivent inclure les dépenses directes (matériaux, main-d'œuvre) et les coûts indirects (gestion administrative, entretien ou maintenance) afin d'être complets et sans surprises. Certaines compagnies auront calculé que la location est une meilleure option que l'achat d'un équipement.

Des avis d'experts aident à ajouter l'information nécessaire pour bien des points dans un projet.

Le choix du type de contrat viendra dicter plusieurs mécanismes internes quand au mode de gestion des approvisionnements. Des problèmes de nature directe et indirecte se produiront. Ceux de nature directe sont entre autres les alliances (Joint Venture) entre différentes compagnies, la globalisation des marchés, l'ajustement au client (ses préférences et préjugés) et le fait que la construction est le moteur de l'économie. Malgré le fait que les contrats de type 'Alliances' peuvent être problématiques, certaines sources de motivation financières, technologiques, gestion et stratégiques poussent les compagnies à opérer de cette façon. Les problèmes de nature indirecte concernent les pratiques de l'approvisionnement, la gestion du risque et un type de secteur, soit celui de la rénovation (marché noir, techniques de travail inapproprié).

Deux types de marchés existent dans le domaine de la construction. Chaque type de marché comprend ses avantages et ses inconvénients.

- Forfaitaire :
 - Forfait : ce type de marché est caractérisé par la bonne connaissance des travaux à être exécutés et à quantité fixe. Les principaux avantages sont que le coût total ne contient pas de frais cachés et il est connu dès le début des travaux. Le coût est global, donc il inclut le profit et l'administration de l'entrepreneur. Tous les risques concernant les coûts sont du côté de l'entrepreneur. Par contre, le projet exige une conception détaillée afin que le coût puisse être le plus précis possible. Les principaux désavantages sont qu'une fois que le coût est fixé, il est difficile de modifier le contenu du projet. Parce que l'on doit attendre que la conception soit complètement finalisée, les échéanciers de ce type de marché sont très longs. Aussi, l'entrepreneur n'est pas impliqué dans la conception du projet. Comme le client paie un montant fixe pour l'ensemble d'un projet, la qualité d'exécution des travaux est difficile à contrôler et donc, ce type de marché est propice aux réclamations. Il est habituellement utilisé pour la construction de bâtiments;

- Coût unitaire : il est caractérisé par un coût fixe par étape des travaux exécutés. Ceux-ci sont connus dès le début de la construction, mais les quantités peuvent varier. Cependant, le coût unitaire est fixe. Les principaux avantages sont que ce type de marché limite les réclamations parce que le projet nécessite une conception détaillée. Pour le client, le risque est partagé. Des modifications peuvent par contre être apportées en cours de construction. Les principaux désavantages sont que l'échéancier s'étend sur une longue période car les travaux sont exécutés en séquence (les uns après les autres). Comme les modifications sont possibles, ceci implique qu'il y a des calculs de quantités sur le terrain. Aussi, comme pour le type à 'Forfait', l'entrepreneur n'est pas impliqué dans la conception. Ce type de marché sert habituellement pour des projets de barrages ou de voirie.
- En régie :
 - Coût cible : il est caractérisé par des coûts fixes forfaitaires pour la portion des frais généraux et des coûts indirects de l'entrepreneur et de coûts unitaires variables pour les travaux proprement dits. En général, ce genre de marché est utilisé en cas de travaux risqués, inhabituels, urgents, mal définis, etc. Les principaux avantages sont nombreux. Le risque est partagé entre l'entrepreneur et le client, les réclamations sont rares; lors de l'appels d'offre les plans et devis ne sont pas nécessairement complets, ce qui permet d'avoir le coût avant la conception détaillée. Ainsi, l'échéancier sera diminué, un climat de confiance s'établit entre les parties et toute modification se fait au prix coûtant. Les désavantages sont par contre présents. Ce type de marché est peu utilisé car la gérance est complexe et le client prend une part plus active dans le projet. Certaines variantes existent comme le 'Marché à prix maximum garanti'. Dans ce sous-type de marché, le client paiera l'entrepreneur un prix maximum. Une fois atteint, les coûts additionnels seront absorbés par l'entrepreneur.

Si le coût maximal n'est pas atteint, le propriétaire paiera seulement le coût réel des travaux;

- Régie contrôlée : ce type de marché comporte uniquement des coûts à l'heure pour la main-d'œuvre, les matériaux et les équipements. Tous les frais sont remboursables. Cette catégorie de marché est utilisée en cas de travaux imprévus ou de nature inconnue. Les principaux avantages sont l'élimination complète des réclamations et il n'y a aucun plan et devis de réalisé lors de l'appel d'offre. Ainsi, l'échéancier est réduit au minimum et la qualité des travaux est sûre car elle est contrôlée. Les désavantages sont par contre au niveau des coûts élevés et de la complexité de la gérance du projet. On note une certaine tendance des entrepreneurs à allonger le temps des travaux.

En tant que donneur d'ouvrage, l'analyse du type de marché est primordiale. Une fois qu'il est sélectionné, le mode de réalisation sera à son tour analysé et choisi. Ce sujet est présenté au point 3.2.2.7 Menu de l'étape 'Réalisation'.

Les deuxième et troisième étapes de l'approvisionnement sont la conception et l'analyse de l'appel d'offres. Ce sujet a été expliqué au point 3.2.2.4 Menu de l'étape 'Soumission'.

La quatrième étape concerne les fournisseurs. Une fois le processus d'appels d'offres terminé, des fournisseurs seront choisis. Selon les prix qu'ils ont envoyés (soumissionnés), un envoi de bon de commande correspondant sera émis afin de recevoir ladite marchandise. Le bon de commande doit inclure au minimum les informations concernant les quantités, la description et le prix du ou des biens ou services achetés, une entente de paiement, une réduction (si applicable), la date de fabrication et de livraison et tout autre mention pertinente à l'achat et à l'exécution par le fournisseur. Deux types de fournisseurs existent, soient les fournisseurs de matériaux et

les sous-traitants. Pour les fournisseurs de matériaux, habituellement, un compte est ouvert et tout envoi de bon de commande pour un projet 'X' est comptabilisé mensuellement. Ainsi, une facture est reçue à chaque mois et un mode de paiement s'ensuit selon des ententes préétablies. D'autres types de documents comme des réquisitions d'achat et des ordres de changement peuvent aussi être utilisés en cours de projet.

La cinquième étape est l'administration des contrats octroyés. À cette étape, tout avancement des travaux générera des factures à payer. Il se peut que des changements surviennent. Selon la situation, il est possible que des réclamations ou des différends se manifestent. Lors du processus d'administration des contrats, certains outils s'avèreront nécessaires comme les systèmes de contrôles et de règlements et des rapports d'avancement.

Finalement, la sixième étape est l'administration et la fermeture du contrat. Il s'agit de faire la gestion des achats, des dessins d'atelier, de la fabrication, de la livraison et de l'installation. Enfin, la facturation finale et la fermeture des contrats terminent le processus.

Concrètement pour le laboratoire, l'utilisateur sera amené à interagir sur deux éléments, soient:

- Choix des fournisseurs:

Dans ce menu, l'utilisateur pourra importer la liste des noms de ses fournisseurs à l'aide d'un fichier de format csv. Un mappage très spécifique devra être suivi. Comme cela, les bons de commande pourront être générés avec les bons noms de fournisseurs et sauver du temps à l'utilisateur lors de l'émission de ceux-ci;

Si jamais l'utilisateur ne possède pas de liste de fournisseurs, il est possible d'en générer une vierge. Ainsi, lors d'une étape subséquente, il faudra songer à

remplir une liste ou d'incorporer celle de l'entrepreneur général dans le laboratoire virtuel, tel qu'indiqué dans le paragraphe précédent.

- **Bons de commande:**

L'utilisateur devra importer sa liste de fournisseurs afin que le laboratoire virtuel puisse produire tous les bons de commande avec le fournisseur approprié (case à cocher 'Générer les bons de commande') comme destinataire en tenant compte des dates calculées dans l'échéancier du projet.

Il est toujours possible pour l'utilisateur, d'apporter des modifications aux bons de commandes en cochant la case 'Modifier les bons de commande'. Une fois le tout conforme, l'option d'impression est aussi offerte (case à cocher 'Imprimer les bons de commande').

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION des Bons de commande	
Faisabilité	Fournisseurs
Estimation	Importation de la liste des fournisseurs <input type="checkbox"/>
Soumission	Générer une liste vierge <input type="checkbox"/>
Planification	Bons de commande
Approvisionnements	Générer les bons de commande <input type="checkbox"/>
Echéancier	Modifier les bons de commande <input type="checkbox"/>
Fournisseurs	Imprimer les bons de commande <input type="checkbox"/>
Bons de commande	
Réalisation	
Qualité	

Figure 15 Menu Bons de commande

3.2.2.7 Menu de l'étape 'Réalisation'

Il existe plusieurs modes de réalisation de projet qui sont répartis en cinq groupes. Il y a le mode traditionnel, le mode clé en main, la gestion de projet, la gestion de la

construction et le mode propriétaire-constructeur. Chacun d'eux est expliqué dans les paragraphes suivants.

Le mode 'Traditionnel' est caractérisé par le partage de responsabilité entre l'entrepreneur et l'ingénieur conseil. Le projet est réalisé en mode normal, c'est-à-dire qu'on ne peut pas exécuter les travaux en accéléré. Les avantages sont que le client n'absorbe aucun risque, qu'il y a un très bon contrôle sur la nature et le contenu du projet et que ce mode de réalisation est le plus connu. Les principaux désavantages concernent les modifications (fastidieuses et coûteuses), ce qui élimine tous les projets d'innovation. De plus, des réclamations peuvent augmenter le coût du projet. L'échéancier des travaux est long car ils se font de façons séquentielles. Comme l'entrepreneur ne participe pas à la conception, celle-ci ne sera pas empreinte de son expertise.

Le mode 'Clé en main' est caractérisé par la responsabilité entière de toute l'exécution du projet par l'entrepreneur. Ce mode de réalisation est surtout employé pour des projets répétitifs et dans les cas où les spécifications sont pointues. Les variantes 'BOT' et 'BOOT' entrent dans ce mode de réalisation. Les avantages sont que le coût du projet est connu dès son début et que l'entrepreneur prend tous les risques. Les désavantages sont variés. Les conflits concernant les divergences entre le client et l'entrepreneur par rapport au produit final non satisfaisant sont fréquents. Il est aussi assez difficile de modifier le projet.

Le mode de réalisation 'Gestion de projet' concerne les projets d'une grande complexité et comportant un degré d'incertitude élevé. Le client s'assure que le gérant de projet est compétant à la fois pour le design et la construction. Le gérant de projet aura plusieurs tâches à accomplir, selon les besoins du donneur d'ouvrage. Cela peut aller de l'obtention du financement du projet au contrôle des coûts, en passant par le choix du ou des entrepreneurs. Ainsi, les principaux avantages se situent au niveau du contrôle des

coûts, de la possibilité d'effectuer des changements, la diminution des conflits d'intérêt; de plus, la durée du projet pourra être effectuée en accéléré. Les désavantages sont d'ordre monétaire (le coût final n'est pas connu avant la complétion des travaux, les risques sont du côté du gérant de projet et les coûts des petits travaux augmentent), administratif (grand nombre de contrats à gérer) et technique (le choix du gérant de projet est déterminant).

Le mode 'Gestion de construction' ressemble beaucoup au mode précédent, sauf que le gérant de construction n'a pas d'autorité sur le design. C'est l'entrepreneur qui peut donner son avis sur l'échéancier, le budget et certains aspects du design (choix des matériaux). Ceci a comme avantage que l'expertise de l'entrepreneur est exploitée dès la phase de la conception. Des modifications au design en début de projet permettent de réduire les conflits en fin de projet. Les désavantages se situent aussi au niveau monétaire (le coût total n'est connu qu'à la fin du projet) et de l'expertise du gestionnaire de projet.

Le mode de réalisation 'Propriétaire-constructeur' (Gervais, 1996) consiste à tout développer à l'interne (du design à la réalisation de la construction, en passant par la gérance et le contrôle qualité). Il a comme avantage de n'avoir aucune réclamation, puisque tous les intervenants proviennent de la compagnie. Le principal désavantage est l'administration de toutes les phases du projet qui représente énormément de temps et d'énergie.

En cours de projet, un suivi devra être effectué. Cela comporte plusieurs aspects, comme : la cueillette de l'information, sa diffusion et les rapports d'avancement (PMI, 2000).

La cueillette d'informations comprend le type d'information à prendre en considération ainsi que la façon de la recueillir. Ce qui détermine le succès d'un projet est la capacité

de prévoir son déroulement et de penser aux imprévus. Le type d'informations à prendre en compte dans un projet dépend des besoins des intervenants impliqués. Par exemple, le client n'aura pas besoin du même niveau de détail que le responsable du chantier ou le directeur de projet. Les données doivent par contre être assez détaillées afin de pouvoir informer le premier niveau d'intervenants impliqués, telles les ressources exécutant les tâches.

Les informations détaillées comprennent les items suivants :

- La liste des tâches pour accomplir le projet;
- Les dates des livrables du projet;
- Le coût des ressources techniques, des matériaux et des fournitures nécessaires pour réaliser les tâches;
- Les dates contractuelles;
- Les tâches terminées;
- Les heures travaillées pour chaque tâche ainsi que les heures restantes des tâches non terminées;
- Les dates de début et de fin;
- Etc.

La manière de recueillir les informations dépendra des technologies disponibles, des façons de faire de l'entreprise et de la fréquence de l'émission des rapports d'avancement. Il peut s'agir de réunions, de conversations non officielles entre les intervenants, de site virtuel de projet ou d'outils informatisés par lesquels les intervenants entrent directement des données.

Selon la méthode choisie, les informations seront diffusées soit à oral ou par écrit, de manière formelle ou informelle, par voie horizontale ou verticale et à l'interne ou à l'externe (chez le client). La méthode de diffusion par écrit est expliquée en détail dans les prochains paragraphes.

Les rapports d'avancement comprennent plusieurs parties, soient :

- La mise en situation;
- Les échéanciers mis à jour;
- La présentation des résultats;
- L'analyse des résultats;
- Les recommandations;
- La conclusion.

La mise en situation explique ce qui s'est passé durant la période entre deux mises à jour. En se servant des rapports journaliers du surintendant de chantier, le responsable du projet relate les faits et événements survenus depuis la dernière mise à jour. Il est important de relater les problèmes et imprévus survenus. Ainsi, le client saura bien interpréter les autres parties du rapport. Les problèmes sont de nature assez variée comme la météo, les dates de livraison par les fournisseurs, contamination du sol, etc. Les échéanciers sont habituellement inclus en annexe au rapport. Ainsi, un point du rapport traitera des tâches du projet. Les tâches peuvent être de statut divers :

- Débutées : toutes les nouvelles tâches débutées depuis la dernière mise à jour seront listées. Ces tâches sont en cours de réalisation;
- Terminées : toutes les tâches qui sont accomplies à 100% depuis la dernière mise à jour sont énumérées;
- Critiques : signifie qu'il n'y a plus de marge de manœuvre. Ces tâches retarderont la date de fin du projet. Elles sont soit non débutées ou en cours de réalisation;
- À risque : toutes les tâches où un nombre de jours limités restent comme marge avant qu'elles ne deviennent critiques. En listant ces tâches, les responsables du projet préviennent les retards potentiels de fin de projet;

- Retardées : les tâches de cette catégorie ne sont pas nécessairement critiques. Elles n'ont pas débuté selon la date planifiée;
- En avance : ces tâches ont soit débuté avant la date de début planifiée, soit que leur avancement est plus rapide que planifié.

Les données recueillies seront présentées sous forme de tableaux, de graphiques et de courbes. Les tableaux serviront entre autre à faire la courbe de la valeur acquise. Ils servent aussi à synthétiser les données. Lorsque les tableaux sont faits à l'aide de logiciels informatiques spécialisés, l'ajout de formules permet d'avoir des indicateurs comme l'indice de performance des coûts (IPC) et l'indice de performance des délais (IPD). En ayant un tableau qui montre les colonnes des coûts budgétés du travail prévu, des coûts réels du travail effectué et du coût budgété du travail réalisé (ou valeur acquise), on peut calculer les différents indicateurs. L'écart des coûts est la différence entre les coûts budgétés du travail réalisé et des coûts réels du travail effectué. Tandis que l'IPC est le rapport entre la première donnée sur la seconde. L'écart des prévisions est la différence entre le coût budgété du travail réalisé et le coût budgété du travail prévu. Tandis que l'IPD est le rapport de la première donnée sur la seconde.

Les graphiques servent entre autre à visualiser les différentes proportions entre les types de données ou de visualiser le diagramme de Gantt (préféablement la vue du suivi).

La courbe la plus utilisée est la courbe en 'S' (valeur acquise). Cette courbe indique en un clin d'œil si le projet est en bonne ou mauvaise voie de réalisation tout en validant si le budget est respecté ou non en fonction du temps. La figure 16 illustre les courbes identifiant la valeur acquise.

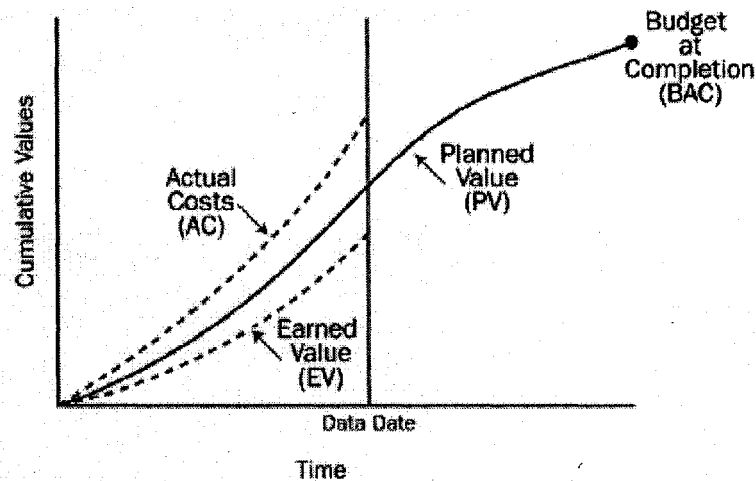


Figure 16 Courbes résultantes du calcul de la valeur acquise (PMI, 2005)

Trois courbes sont représentées :

- La première est la courbe des valeurs planifiées (PV). Cette courbe servira de point de comparaison aux autres courbes;
- La seconde courbe est celle des dépenses réalisées (AC). Cette courbe sert à surveiller les dépenses effectuées tout au long du projet. Selon l'allure de la courbe, l'écart entre les dépenses finales et les dépenses réelles sera revu. Une évaluation sera faite à nouveau afin de déterminer le nouveau budget projeté;
- La troisième courbe est celle de la valeur acquise (EV). Elle détermine l'avancement réel du projet. Elle est calculée à partir des coûts réels pour un travail donné.

Une fois les résultats listés et illustrés, une analyse sera effectuée. Lors de cette analyse, les écarts entre les données planifiées et les données réelles doivent être pris en compte. Les données concernent les dates de début et de fin, les durées, le travail des ressources et les coûts. La tendance du projet (PMI, 2000) sera aussi observée. Ils s'agit de valider si le projet va en s'améliorant ou en se détériorant. Un outil d'analyse très efficace est la valeur acquise.

Comme listé précédemment, la courbe des valeurs planifiées sert de courbe étalon afin de valider si les coûts du projet seront dépassés et si le projet sera retardé. Si la courbe de la valeur acquise est sous la courbe des valeurs planifiées, cela signifie que le projet est en avance. Mais cela ne signifie pas pour autant que les coûts seront moindres. Si la courbe de la valeur acquise est en haut de la courbe des valeurs planifiées, cela signifie que le projet est en retard. Mais cela ne signifie pas que le coût total du projet sera dépassé. Par contre, si le projet continue à prendre du retard, le budget sera dépassé car il faudra mettre plus de ressources dans le projet ou permettre le temps supplémentaire afin que le retard se résorbe.

Après l'analyse des données du projet, le gestionnaire doit émettre ses recommandations. Ceci se fait sous une liste de suggestion de solutions. Tous les avantages et les inconvénients de chaque solution proposée devront être notés. Ainsi, les décideurs pourront prendre la meilleure décision vue les circonstances.

Le rapport se termine par une brève conclusion, qui relate les faits saillants du rapport.

Donc, dans le laboratoire virtuel, le menu 'Réalisation' sera très utile aux utilisateurs lors de la phase de la réalisation de projets. C'est à partir de ce menu que tous les rapports d'avancement seront générés :

- Rapport d'avancement:

Les rapports les plus importants seront disponibles dans une première version du laboratoire virtuel. Il s'agit des rapports des données réelles versus les données de l'échéancier planifié, le coût réel versus le coût planifié, le chemin critique, la liste des activités à faire dans les deux prochaines semaines et du tableau de l'allocation des ressources.

- Flux monétaire :

Le flux monétaire est un rapport qui indique les entrées et les sorties d'argent tout au long d'un projet. Il est habituellement sous forme de courbe, mais peut aussi avoir l'aspect d'un tableau avec une colonne de montants cumulatifs. L'utilisateur doit cocher la case 'Générer le flux monétaire' pour obtenir le graphique ou il peut cocher la case 'Impression du rapport du flux monétaire' afin d'avoir une copie papier des courbes.

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION des Rapports d'avancement	
Faisabilité	Choisir les rapports
Estimation	Avancement du projet vs planifié <input type="checkbox"/>
Soumission	Cout budgétaire vs réel <input type="checkbox"/>
Planification	Chemin critique <input type="checkbox"/>
Approvisionnement	Travaux des 2 prochaines semaines <input type="checkbox"/>
Réalisation :	Allocation des ressources <input type="checkbox"/>
Echéancier	
Coups-types	
Rapports d'avancement	
Flux monétaire	
Qualité	Flux Monétaire
	Générer le Flux Monétaire <input type="checkbox"/>
	Impression du rapport du Flux Monétaire <input type="checkbox"/>

Figure 17 Menu Rapports d'avancement

3.2.2.8 Menu de l'étape 'Qualité'

L'application des normes qualité est structurée en trois parties, soient : sa planification, son assurance et son contrôle. La qualité est considérée comme le complément de la gestion de projets (PMI, 2000) car elle prend en considération les mêmes critères. Autrefois, la qualité servait à contrôler le produit après sa réalisation. Maintenant, les gestionnaires ont ajouté la planification de la qualité, qui vient introduire l'approche proactive à la place de réactive. On essaie donc de prévenir les problèmes potentiels. À

l'aide de normes préétablies (propriétaires ou non), un produit sera analysé, étalonné, modélisé et testé avant d'être opérationnel. Les normes comprennent des politiques, des cahiers de charges, une description et des réglementations qui serviront d'input au processus.

Lors de l'analyse du produit, un rapport entre le coût et le bénéfice sera spécifié. Un rapport acceptable en sera un où le bénéfice est plus grand que le coût. Des techniques comme le retour sur l'investissement ou la méthode du 'Payback' (période de récupération) seront effectuées afin d'appuyer le rapport coût/bénéfice.

Des étalonnages peuvent être réalisés. Cette étape consiste à trouver des projets comparables et sortir des données qui peuvent s'apparenter au projet en cours. Le principe est de trouver les améliorations qui peuvent être apportées au projet.

La modélisation permet de visualiser les liens entre les composantes du projet. Plusieurs types de diagrammes sont possibles, tels que les diagrammes d'arêtes de poisson (causalité), ou des 'Mapping' de processus.

Un outil appelé prototypage permet quant à lui d'évaluer diverses composantes d'un ensemble. C'est à l'aide de calculs statistiques à partir des données recueillies, qu'on déterminera l'assemblage idéal selon les critères établis.

Afin d'arriver à un produit de qualité, des coûts de prévention devront être pris en compte. Ensuite, des coûts d'évaluation s'additionneront. Enfin, des coûts de défaut termineront le total des coûts de la qualité.

À la fin du processus qualité, quelques types de données en résulteront. Entre autres, un plan de gestion sera émis. Dans ce plan, on retrouve tout ce qui touche à la gestion de projet (procédures, tableau de responsabilités où les principaux intervenants sont décideurs, participants, consultés et informés). Ce plan sera plus ou moins détaillé tout

dépendant des besoins du projet. Ensuite, une liste des définitions opérationnelles sera rédigée. On appelle aussi ces définitions des indicateurs. En plus, des listes de contrôles seront produites. Ces listes sont utiles aux gestionnaires dans la mesure où ils vérifient l'exécution des étapes de réalisation du produit. Dans le cas de la construction, certes les règles de l'art s'appliquent, mais tous les produits ont aussi des spécifications qui doivent être respectées.

L'assurance qualité utilise deux méthodes afin de permettre son amélioration. La planification de la qualité (expliquée dans les paragraphes précédents) et l'audit. Un audit est un examen fait selon une méthode systématique pour valider si les résultats seront selon la qualité prédéterminée et s'ils atteignent les objectifs. Habituellement, l'auditeur est dissocié du secteur d'activité afin d'éviter toute subjectivité dans les résultats.

Finalement, le contrôle qualité permet de déterminer la conformité et les problèmes de performances du produit. On peut noter trois types de défauts, soient des critiques, des majeurs et des mineurs. Certains buts devront être atteints lors du processus de contrôle qualité, comme prévenir les erreurs (à l'aide de 25 tableaux qui représentent les phases de construction d'un bâtiment; on retrouve la liste des éléments à vérifier et à valider en répondant par oui ou non), inspecter le produit final, échantillonner certains paramètres, distinguer les causes particulières et aléatoires du processus et suivre les tolérances et les limites de contrôle. Plusieurs outils sont disponibles dans la pratique tels que les inspections, les fiches de contrôle, les diagrammes de Pareto, les échantillonnages statistiques, la modélisation et l'analyse des tendances. Les tâches exécutées lors des inspections sont des mesures, des tests et des examens divers. D'autres appellations équivalentes du contrôle de la qualité sont aussi utilisées, comme : révisions et audits.

Les fiches de contrôle indiquent graphiquement si un processus est bien exécuté ou non. Lorsqu'on observe qu'il est bien exécuté, des actions d'améliorations peuvent toujours être entamées.

Les diagrammes de Pareto servent à observer qu'un maximum de défauts est trouvé pour un minimum de variables. Habituellement, on essaie de trouver 80% des défauts occasionnés par 20% des composantes. Ainsi, on limite au minimum les interventions afin de régler un maximum de problèmes.

Les échantillonnages statistiques sont utilisés pour cibler un nombre clé d'inspections dans un choix restreint de variables ou résultats. Ainsi, les inspections seront faites aléatoirement sur un ensemble 'n', au lieu d'inspecter l'ensemble 'N', ou complet. La modélisation a déjà été expliquée plus tôt dans ce sous-chapitre. Elle sert à trouver la source du problème.

L'analyse des tendances est nécessaire pour connaître des résultats futurs. On peut donc prévoir le nombre de défauts non corrigés ou l'achèvement des tâches pour un laps de temps (ou période) donnée.

Ce qu'on retire d'un système de gestion de la qualité est entre autres son amélioration, des décisions à prendre, des reprises et des corrections et quels contrôles ont déjà été effectués.

Comme dernière étape du laboratoire virtuel, l'aspect qualité doit être pris en compte. Donc, comme menu disponible, un rapport qualité concernant trois aspects sera généré:

- Contrôle qualité:

Premièrement, un rapport sur la qualité des matériaux livrés est disponible à l'utilisateur. Il se peut qu'en cours de chantier, ce qui est commandé diffère de ce qui est demandé dans le devis du projet pour différentes raisons. Donc, ce rapport servira à annoter les différences entre le devis et l'installation réelle.

Ensuite, un rapport des dates de livraison pourra être généré. Ce rapport servira lors de réclamations. Ainsi, les délais de livraison du matériel seront prouvés par ce rapport.

Enfin, pour ce qui est de l'exécution des travaux, le rapport indiquera si des méthodes spéciales ou non documentées auront été employées lors de la réalisation du projet.

Pour chaque aspect, deux choix sont disponibles, soient : imprimer ou exporter. On pourra choisir d'exporter les rapports dans MS Word afin de les personnaliser selon les standards du projet.

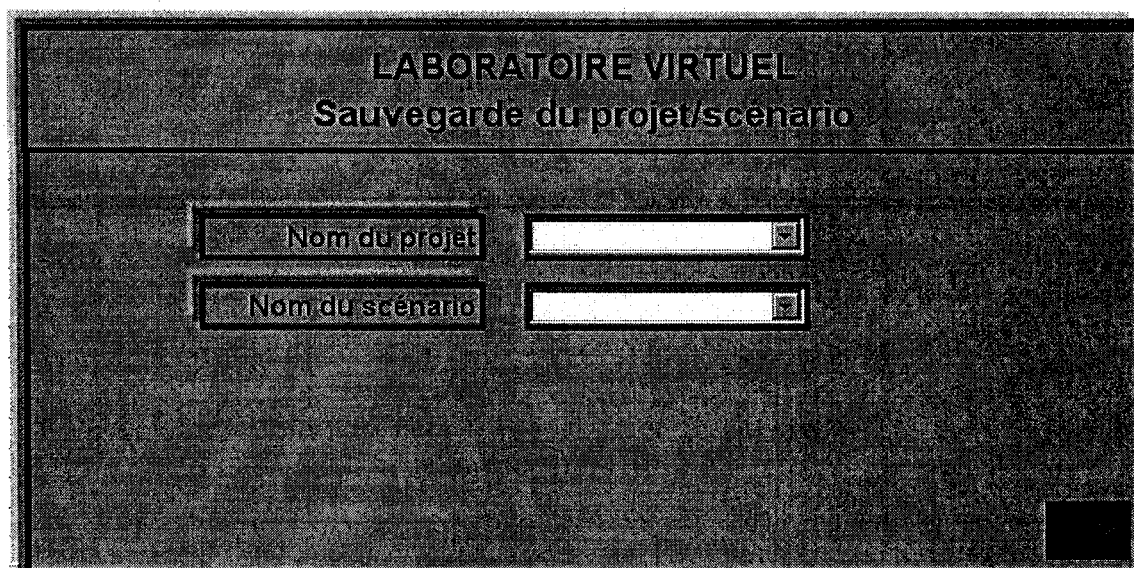
LABORATOIRE VIRTUEL	
SIMULATION des Rapports qualité	
Faisabilité	Choisir les rapports Contrôle qualité des matériaux <input type="text"/> Contrôle qualité des dates de livraison <input type="text"/> Contrôle qualité de l'exécution des travaux <input type="text"/> Liste de choix: imprimer, exporter
Estimation	
Soumission	
Planification	
Approvisionnements	
Réalisation	
Qualité :	
Echéancier	
Plans et Devis	
Rapports qualité	

Figure 18 Menu Rapports qualité

3.2.2.9 Menu de l'étape d'enregistrement

Si jamais l'utilisateur venait qu'à interrompre sa session au laboratoire virtuel, le menu pour enregistrement du projet apparaîtra. Il sera possible à l'utilisateur de sauvegarder le

projet sous un nom de scénario ou d'écraser la version existante par une plus récente. Ensuite, le système déconnectera l'utilisateur afin de fermer tout lien avec les serveurs. La figure suivante illustre le menu d'enregistrement :



The image shows a dark-themed graphical user interface window titled "LABORATOIRE VIRTUEL" with a subtitle "Sauvegarde du projet/scénario". Inside the window, there are two rows of input fields. The first row is labeled "Nom du projet" and the second row is labeled "Nom du scénario". Each label is in a small box to the left of a larger text input field. Both input fields have a small square icon on their right side, likely for opening a file explorer. In the bottom right corner of the window, there is a small, solid black square button.

Figure 19 Menu de sauvegarde et fin de la session de travail

CHAPITRE 4

RELATION AVEC LE PMBOK

Dans ce chapitre, les rapprochements avec la référence internationale du PMI seront exposés. Le schéma du laboratoire tel que présenté précédemment sera adapté aux notions les plus récentes de gestion de projet selon le PMBOK (PMI, 2005).

4.1 Schématisation du laboratoire virtuel selon le PMBOK

Dans ce chapitre, le schéma du laboratoire virtuel a été adapté pour fin d'applicabilité des notions de gestion de projets prônées par le PMBOK :

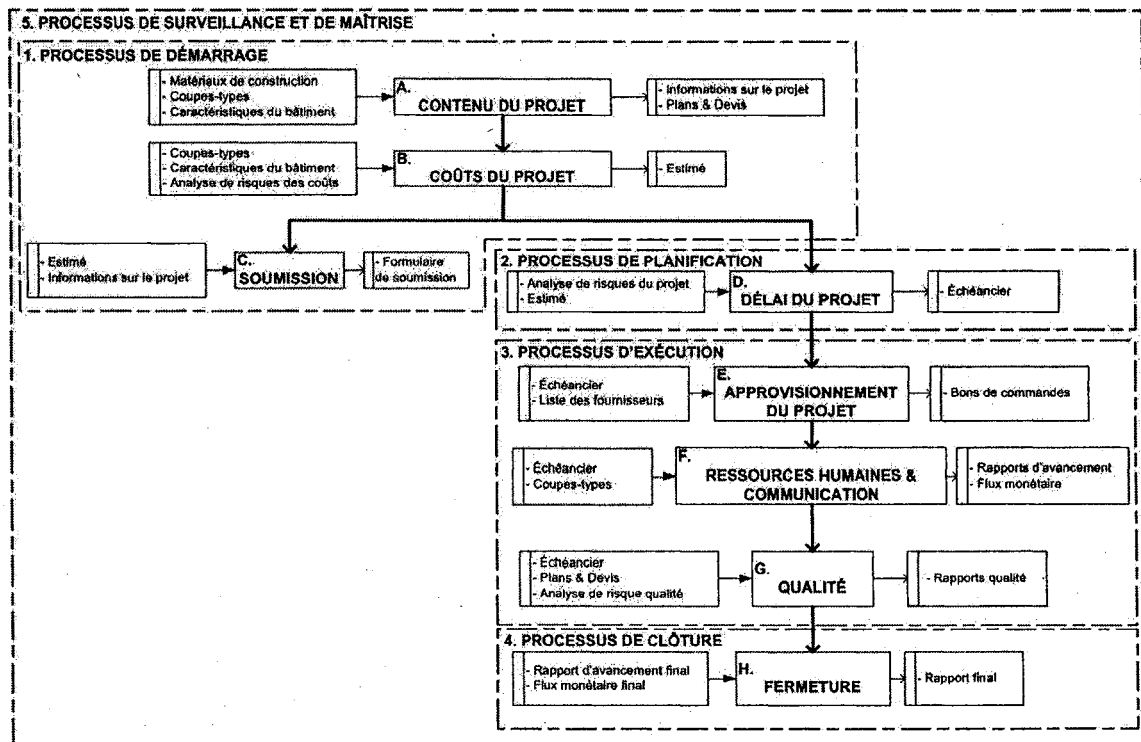


Figure 20 Schématisation du laboratoire virtuel dans le contexte des notions appliquées au PMBOK

4.2 Groupes de processus

Les divers groupes de processus du PMBOK seront présentés, suivis d'explications qui touchent le fonctionnement du laboratoire virtuel. Quelques ajustements ont été effectués pour une meilleure intégration au sujet de ce travail. Le changement majeur concerne le groupe de processus de planification. Selon la littérature consultée, tous les domaines de connaissances sont traités dans ce groupe de processus. Pour alléger le schéma et le fonctionnement du laboratoire virtuel, seul le management des délais du projet a été pris en considération.

On retrouve cinq groupes de processus, dans lesquels sont partagés les domaines de connaissances (expliqués au point 4.3 Domaines de connaissances). Les groupes du démarrage, de la planification, d'exécution, de surveillance et de maîtrise ainsi que de clôture sont définis dans les prochains points.

4.2.1 Démarrage

Le groupe de processus de démarrage est en fait toutes les actions qui mènent à justifier le projet en tant que tel. Descriptions, énoncés des divers scénarios possibles, devis estimatifs, dates principales des différentes étapes du projet, etc., font partie de l'étape que constitue le démarrage. Concrètement pour le domaine de la construction, les donneurs d'ouvrages valident un concept de projet. Des outils, tels qu'estimés budgétaires, plans préliminaires, plan stratégique de financement sont des éléments que l'on retrouve dans le dossier de démarrage d'un projet.

Un changement concernant l'aspect des soumissions par rapport au PMBOK qui traite des soumissions dans le domaine de connaissances de l'approvisionnement peut être observé dans le fonctionnement du laboratoire virtuel. En effet, on peut observer dans le schéma du laboratoire virtuel illustré à la figure 4 Schématisation du laboratoire virtuel

de gestion de projet de construction de bâtiments, que la séquence réelle des actions lors du déroulement d'un projet est illustrée. Pour cette raison, les soumissions ont été placées dans le groupe de processus de démarrage à la place d'être incluses à l'étape de l'approvisionnement.

Pour aider les donneurs d'ouvrages, le laboratoire virtuel offre la possibilité d'explorer divers scénarios. Les menus du laboratoire virtuel correspondant à ce groupe de processus sont la faisabilité, l'estimation et la soumission. Les données entrantes et sortantes de cette portion du laboratoire ainsi que ces domaines de connaissances seront expliqués aux points 4.3.1. Contenu du projet et 4.3.2. Coûts du projet.

4.2.2 Planification

Dans ce groupe, plusieurs notions s'ajoutent dans le PMBOK. Ainsi, le risque, la technologie et autres détails non négligeables comptent parmi les aspects à prendre en compte à cette étape. En relation avec le domaine de la construction, une fois la décision prise à l'effet que le projet x est choisi, des données plus précises doivent être considérées. Ces précisions auront plusieurs impacts sur la fin du projet en soi.

Ce groupe de processus a été délibérément limité à l'aspect planification. Selon la littérature, ce groupe comprend tous les domaines de connaissance. Si tous les domaines avaient été pris en compte par le laboratoire virtuel, ceci aurait considérablement alourdi son schéma et sa conception. Des opérations en double auraient été effectuées, ce qui aurait eu pour effet de rendre le processus du laboratoire très complexe pour un utilisateur peu expérimenté.

4.2.3 Exécution

Comme le dit le terme, le groupe de processus d'exécution traite de tous les éléments qui concernent le travail à faire. Ceci comprend la gestion des ressources, le matériel et la façon de faire (aspect qualité). La gestion des ressources humaines comprend le volet technique ainsi que la faisabilité selon leur disponibilité. Divers rapports d'avancement de projets sont produits à cette étape. La gestion du matériel fait référence à l'approvisionnement. Le PMBOK inclut la qualité d'exécution à cette étape du projet, ce que reflète aussi le laboratoire virtuel.

La notion de risque est disponible dans le laboratoire virtuel afin d'améliorer les résultats sortant des simulations. Les risques concernant les coûts et la planification sont pris en compte.

4.2.4 Clôture

Ce groupe de processus est en fait la fin du projet, la finalité des déboursés, des rapports comptables finaux ainsi que le dernier avancement de projet. La clôture du projet se déroule en deux étapes, soient : fermeture du projet et fermeture du contrat.

Selon le PMBOK, ce groupe de processus n'est pas directement associé à un domaine de connaissances proprement dit. Il est plutôt intégré aux domaines de connaissances des approvisionnements ainsi que celui de l'intégration du management de projets.

4.2.5 Surveillance et maîtrise

Tel qu'indiqué sur le schéma du laboratoire virtuel, ce groupe de processus est présent dans tous les domaines de connaissances listés dans le PMBOK. Il consiste à prévenir les problèmes en analysant les sources possibles. Selon les sources jugées à risque, des

actions devront être préconisées afin de remédier ou amoindrir les problèmes survenus ou potentiels. Une liste complète d'actions se trouve dans le PMBOK afin de renseigner les gestionnaires de projets.

Le laboratoire virtuel tient compte de ce groupe de processus en fournissant les outils d'analyse de risque pour l'estimation, la planification et la qualité. De plus, il revient aux différents intervenants d'avoir l'expérience et le jugement afin de mettre en marche ce processus et de voir à son application par la suite.

4.3 Domaines de connaissances

Les domaines de connaissances constituent en fait les catégories que l'on retrouve à l'intérieur des cinq processus expliqués en 4.2. Pour les besoins du laboratoire virtuel, le domaine de connaissances 'Intégration du management de projet' présent dans le PMBOK n'a pas été inclus. Il est à noter que le schéma du laboratoire virtuel illustré en 2.1. Schématisation du laboratoire, indique les étapes que l'on retrouve dans les menus. Lors de la schématisation du laboratoire virtuel par rapport aux notions de processus et de connaissances expliqués dans le PMBOK, les termes ont dû être changés afin de refléter ces dites notions. Ainsi, la phase 'Faisabilité', dans le laboratoire virtuel, correspond au domaine de connaissances 'Contenu du projet', que l'on retrouve dans le groupe de processus 'Démarrage', du PMBOK.

4.3.1 Contenu du projet

Ce domaine de connaissances traite de cinq aspects. Ils concernent la planification, la définition, le WBS, la vérification et le contrôle. En soi, à l'étape préliminaire, le contenu du projet inclut toutes les phases du projet au complet, mais à un niveau très préliminaire.

Dans le laboratoire virtuel, à l'aide des coupes-types et d'un questionnaire (données entrantes), les usagers obtiennent les principaux éléments qui constitueront le prototype du projet. Dans son ensemble, le laboratoire virtuel donnera un estimé et un échéancier budgétaires (données sortantes).

4.3.2 Coûts du projet

Le domaine de connaissances des coûts prend en compte trois aspects, soient : les coûts estimés, les coûts budgétés et la mise à jour des coûts. Selon l'étape du projet, le gestionnaire s'attendra à pouvoir obtenir ces différents coûts.

Le laboratoire virtuel permet de les obtenir via le menu 'Estimation'. Les données des coupes-types, des caractéristiques du bâtiment ainsi que de l'analyse de risque des coûts (données entrantes) servent aux simulations afin de produire l'estimé (donnée sortante).

4.3.3 Délais du projet

Le terme 'Délais' correspond à une notion temporelle. Ce domaine de connaissances prend donc les six éléments suivants en considération :

- Définition des activités;
- L'ordonnancement de celles-ci;
- L'attribution des ressources dans les activités concernées;
- Détermination des durées;
- L'analyse de la planification réalisée (à l'aide d'outils);
- Le contrôle, ou mise à jour de l'échéancier.

Le laboratoire virtuel tient compte des délais du projet en générant un échéancier. Cet échéancier peut être modifié à la guise de l'utilisateur. À l'aide de l'estimé et de l'analyse

de risques (données entrantes), le laboratoire virtuel produira un échéancier beaucoup plus précis (données sortantes).

4.3.4 Approvisionnements du projet

Selon le PMBOK, le domaine de connaissances de l'approvisionnement se compose des étapes suivantes :

- La planification de l'approvisionnement et des contrats;
- Les appels d'offres ou soumissions aux fournisseurs;
- Le choix des fournisseurs (au Québec, le choix se fait d'après la notion du prix le plus bas jumelé à la conformité de la soumission);
- L'administration des contrats;
- La clôture des contrats.

Dans la pratique, deux possibilités s'offrent pour obtenir des soumissions : l'accès aux soumissions du BSDQ ou encore l'envoi d'invitations selon une liste de sous-traitants pré-établie par discipline de travail. On remarque que c'est à cette étape que les soumissions sont traitées.

Dans le cadre du fonctionnement du laboratoire virtuel, l'approvisionnement est l'étape identifiée qui sert à envoyer les bons de commandes aux fournisseurs choisis lors de l'étape 'Soumission'. Cette décision a été prise pour alléger le schéma et le fonctionnement du laboratoire.

4.3.5 Ressources humaines du projet

Ce domaine de connaissances fait référence à tout ce qui touche aux ressources. En effet, les items suivants sont tous pris en compte à cette étape par le gestionnaire de projet :

- La planification des ressources humaines;
- La formation des équipes de projet;
- Le développement de ces équipes;
- La direction des équipes de travail.

Il a été remarqué que le PMBOK ne fait pas référence aux ressources matérielles. Cependant, ces ressources devront être prises en compte par le responsable de l'échéancier afin de pouvoir générer une évolution dans les coûts globaux du projet.

Le laboratoire virtuel a transposé cet aspect en tenant compte des échéanciers de projet ainsi que des coupes-types (données entrantes) afin de pouvoir générer les rapports d'avancement du projet ainsi que le flux monétaire (données sortantes). Dans la pratique courante, l'entrepreneur ne mettra dans son échéancier que les grandes lignes des travaux à être effectués par ses sous-traitants. Cependant, les sous-traitants doivent faire un échéancier détaillé avec leurs équipes de travail impliquées dans le projet.

4.3.6 Communications du projet

Ce domaine de connaissances tient compte de quatre aspects :

- La planification des communications;
- La diffusion de l'information;
- L'établissement du rapport d'avancement;
- Le management des différents intervenants.

Le domaine de connaissance des communications du projet a été jumelé au domaine de connaissances des ressources humaines du projet dans le cadre du présent travail. Ceci a pour but d'améliorer le fonctionnement du laboratoire virtuel et d'éviter d'alourdir son schéma. Comme expliqué au point 4.3.5 Ressources humaines du projet, différents rapports d'avancement de projet seront émis à une fréquence prédéterminée par les intervenants en début de projet. Habituellement, des rapports sont émis hebdomadairement, et sont remis lors des réunions de chantier au personnel désigné des parties concernées.

4.3.7 Risques du projet

Les risques dans un projet sont identifiables dans plusieurs sphères d'activités. Voici celles prises en compte dans le PMBOK :

- La planification du management de risque;
- L'identification des risques;
- L'analyse quantitative et qualitative des risques;
- La planification des réponses aux risques;
- La surveillance et la maîtrise des risques.

Dans le laboratoire virtuel, la notion de risque est présente pour trois aspects, soient : les coûts, la planification et la qualité. Différentes questions sont proposées aux usagers afin que les trois aspects listés puissent être pondérés.

4.3.8 Qualité du projet

Le domaine de connaissances de la qualité du projet est divisé en trois différentes parties soient : sa planification, sa mise en œuvre et la mise en œuvre de son contrôle.

Le schéma du laboratoire virtuel indique que le domaine de connaissances de la qualité demande que l'échéancier du projet, que les plans et devis ainsi que l'analyse de risques (données entrantes) soient compilées afin de pouvoir fournir un rapport qualité détaillé (donnée sortante).

CONCLUSION

Le présent ouvrage suggère que le travail des intervenants dans le domaine de la construction résidentielle pourrait être facilité et qu'il serait possible de performer des simulations et un suivi réel en mode d'équipe virtuelle. Ce travail a relaté toutes les étapes afin d'uniformiser le processus de suivi de projet. Il semble qu'il serait maintenant plus facile d'accélérer les étapes d'avant-projet et de réalisation du projet car le laboratoire virtuel est un outil pour scénariser plusieurs projets par de simple cliques de souris.

En premier lieu, dans l'état de la question, un survol des travaux sur la simulation dans différents domaines a été fait. Il a été présenté qu'il y a, depuis les années '70, eu plusieurs outils de simulation qui ont été développés pour le domaine de la construction.

En second lieu, les composantes du laboratoire virtuel ont été présentées. Le schéma démontre les étapes qu'un projet standard devrait suivre. Chacun des éléments composant ce schéma a été expliqué. Un tableau d'un échantillonnage des logiciels présents sur le marché a été illustré. La structure physique du laboratoire a aussi été illustrée. Cela permet de voir qu'il y a quelques équipements informatiques qui sont connectés ensemble afin de former un tout.

En troisième lieu, les caractéristiques du laboratoire sont listées, expliquées et illustrées. Ceci permet au lecteur d'avoir un aperçu visuel du laboratoire et de bien lier la théorie à la pratique. Pour chaque menu, l'auteure a expliqué les notions théoriques du milieu de la gestion de projet de construction.

Enfin, un schéma intégrant les notions du PMI a été présenté. Ainsi, le laboratoire virtuel en gestion de projets en construction suit les normes en vigueur prônées par le

prestigieux organisme. Chacun des processus et des groupes de connaissances est présent et reflète ainsi que le laboratoire virtuel répond à une norme internationale.

Comme il s'agit d'une proposition technologique, aucun travail de programmation n'a été effectué. Ceci pourra faire l'objet de travaux futurs. Comme plusieurs environnements s'informatisent afin que des simulations s'opèrent, l'auteure est confiante que la simulation de la gestion de projets dans le domaine de la construction est un objectif réalisable.

L'avancement technologique étant sans frontières, d'ici quelques années, il sera possible de visiter des scénarios de projets et d'en prédire les problèmes d'exécution potentiels.

RECOMMANDATIONS

Comme le travail est une proposition technologique sous expérimentation. Compte tenu de ce contexte, plusieurs travaux devront être exécutés afin de pouvoir faire fonctionner le laboratoire virtuel. La plupart des aspects touchent le domaine de l'informatique. Le travail le plus d'envergure sera de trouver le ou les moyens de communication entre les divers logiciels utilisés par le laboratoire. La même procédure devra cependant être choisie pour le bon fonctionnement, soit la capacité de copier les résultats dans des tables de la base de données afin que toutes les applications puissent prendre ces données et les insérer dans leur propre système. Un programmeur d'expérience pourra s'acquitter de cette tâche. De nombreux essais devront être effectués afin de stabiliser la plateforme de travail.

Tout l'aspect sécurité informatique n'a pas été abordé, car ceci constitue une recherche complète en soit. La sécurité touche entre autre, à l'architecture réseau, au mode d'authentification, à la sécurité des données dans la base de données, aux ports à bloquer dans les murs pare-feu, etc.

Enfin, une fois que le laboratoire sera fonctionnel, des ajouts pourront être considérés, comme des web-cam, des logiciels de gestion de la documentation, des forum de discussion, etc., toujours afin d'améliorer le travail des intervenants du milieu de la construction.

ANNEXE 1

Sites web des applications du domaine de la construction

Sites Web des compagnies de la catégorie 'Planification' :

<i>Compagnie</i>	<i>Adresse du site Web</i>
Microsoft	www.microsoft.com
Primavera	www.primavera.com
Scitor	www.scitor.com
Tenrox	www.tenrox.com
Alexcorp	www.alexcorp.com
Open Air	www.openair.com

Sites Web des compagnies de la catégorie 'Suivi de coûts de construction' :

<i>Compagnie</i>	<i>Adresse du site Web</i>
Projux	www.projux.com
Yahara Software	www.yaharasoftware.com
Delték	www.delték.com
Open Air	www.openair.com

Sites Web des compagnies de la catégorie 'Gestion des ressources' :

<i>Compagnie</i>	<i>Adresse du site Web</i>
WSG Systems, Corp.	www.wsg.com
PlanView	www.planview.com
KnowledgeStorm	http://knowledgestorm.com

Sites Web des compagnies de la catégorie 'Gestion de projet' :

<i>Compagnie</i>	<i>Adresse du site Web</i>
Primavera	www.primavera.com
Microsoft	www.microsoft.com
DeskShare	www.deskshare.com
Virtual Communication Services	www.vcsonline.com
Tenrox	www.tenrox.com
Metafuse	www.projectinsight.net
e-Project Enterprise	www.eproject.com
Prosight	www.prosight.com
NOVADATA Information Systems	www.novadata.com
BPS	www.bpsserver.com
KnowledgeStorm	http://knowledgestorm.com
EDEN	www.eden.com
PointinSight	www.pointinsight.com
Gantthead	www.gantthead.com
Deltek	www.deltek.com
PlanView	www.planview.com
Websystems	www.websystems.com
HeadsUp	www.headsuptech.com
Smart Construction Software, LLC	www.smartconstractor.com
Fingertips Solution	www.fingertips.com
Maxwell System inc.	www.maxwellsystems.com

Sites Web des compagnies de la catégorie 'Estimation' :

<i>Compagnie</i>	<i>Adresse du site Web</i>
Sage Software inc.	www.sagetimberlineoffice.com
Bid4Build Enterprises, LLC	www.bid4build.com
WinEstimator inc.	www.winest.com
Les services informatisés	www.estimation.qc.ca
Estimation Construction Canada	www.construire.com
LUQS International	www.luqs.com
Maxwell System inc.	www.maxwellsystems.com

ANNEXE 2

Exemple d'application du laboratoire virtuel

BIENVENUE AU LABORATOIRE VIRTUEL DE GESTION DE PROJETS DE CONSTRUCTION

***Type d'utilisateur	Donneur d'ouvrage
Nom d'utilisateur	ABoucher
Mot de passe	*****
Nom du projet	
Nom du scénario	

***Liste de choix: Donneur d'ouvrage, Professionnel, Entrepreneur, Sous-traitant, Tous.

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION de la Faisabilité

Faisabilité : Caractéristiques du bâtiment Coupes-types Informations sur le projet Plans et Devis Estimation Soumission Planification Approvisionnement Réalisation Qualité	<h3 style="text-align: center;">Caractéristiques du bâtiment</h3> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Ville</td> <td style="width: 20%;">Montréal</td> <td style="width: 20%;">Longueur</td> <td style="width: 10%;">32 pi</td> <td style="width: 20%;">Nombre d'unités</td> <td style="width: 10%;">1</td> </tr> <tr> <td>Travaux connexes</td> <td>Aucun</td> <td>Largeur</td> <td>22 pi</td> <td>Date de début</td> <td>JJ/MM/AAAA</td> </tr> </table> <h3 style="text-align: center;">Choix des coupes-types</h3> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Dalle du sous-sol</td> <td style="width: 50%;">Toiture</td> </tr> <tr> <td>Mur de Fondation</td> <td>Divisions</td> </tr> <tr> <td>Murs extérieurs</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Plancher 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Plancher 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Plancher 3</td> <td></td> </tr> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> Générer les Plans & Devis <input type="checkbox"/> Générer les informations sur le projet </div>	Ville	Montréal	Longueur	32 pi	Nombre d'unités	1	Travaux connexes	Aucun	Largeur	22 pi	Date de début	JJ/MM/AAAA	Dalle du sous-sol	Toiture	Mur de Fondation	Divisions	Murs extérieurs		Plancher 1		Plancher 2		Plancher 3	
Ville	Montréal	Longueur	32 pi	Nombre d'unités	1																				
Travaux connexes	Aucun	Largeur	22 pi	Date de début	JJ/MM/AAAA																				
Dalle du sous-sol	Toiture																								
Mur de Fondation	Divisions																								
Murs extérieurs																									
Plancher 1																									
Plancher 2																									
Plancher 3																									

LABORATOIRE VIRTUEL	
SIMULATION des Informations sur le projet	
Faisabilité :	Production du rapport de l'information sur le projet
Caractéristiques du bâtiment	Informations sur les intervenants Nom : Annie Boucher Scénario # : 01 Propriétaire : Cie Anonyme et Frères Architectes : Les beaux Plans inc. Ingénieurs : Les bons calculs inc.
Coupes-types	Informations sur le soumissionnaire Nom : Spécialité : Adresse : No. Téléphone : No. Fax : Signataire : No. RBQ :
Informations sur le projet	
Plans et Devis	
Estimation	
Soumission	
Planification	
Approvisionnement	
Réalisation	
Qualité	
	Informations sur le projet No. Des plans du projet : Sections du devis : Addenda : Date de dépôt des soumissions : Montant de la soumission en lettres : Montant de la soumission en chiffres : Numéro d'enregistrement de la TVQ :
	<div>Exportation de l'information vers MS Word</div> <div></div> <div></div>

LABORATOIRE VIRTUEL	
SIMULATION des Plans & Devis	
Faisabilité :	Plans et devis
Caractéristiques du bâtiment	<div>Dalle du sous-sol</div> <div>Mur de Fondation</div> <div>Murs Extérieurs</div> <div>Planchers</div>
Coupes-types	<div>l'image de la coupe sélectionnée apparaîtra</div> <div>l'image de la coupe sélectionnée apparaîtra</div> <div>l'image de la coupe sélectionnée apparaîtra</div> <div>l'image de la coupe sélectionnée apparaîtra</div>
Informations sur le projet	
Plans et Devis	
Estimation	
Soumission	
Planification	
Approvisionnement	
Réalisation	
Qualité	
	<div>Toiture</div> <div>Divisions intérieures</div> <div>l'image de la coupe sélectionnée apparaîtra</div> <div>l'image de la coupe sélectionnée apparaîtra</div>
	<div>Exportation des Plans & Devis vers Adobe Acrobat</div> <div></div> <div></div>

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION de l'Estimé	
Faisabilité	Analyse de risque des coûts - Choix des critères - Pondération Météo: <input type="text" value="Intempéries"/> 30% Pénurie de main-d'œuvre: <input type="text" value="Peintres"/> 50% Rareté des matériaux: <input type="text" value=""/> % <input type="button" value="Générer l'analyse de risques"/>
Estimation :	
Coupes-types	
Caractéristiques du bâtiment	
Analyse de risque des coûts	Estimé <input checked="" type="checkbox"/> Générer l'estimé <input type="checkbox"/> Exporter l'estimé dans MS Word <input type="checkbox"/> Apporter des modifications à l'estimé <input type="checkbox"/> Impression de l'estimé
Estimé	
Soumission	
Planification	
Approvisionnements	
Réalisation	
Qualité	

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION du Formulaire de soumission	
Faisabilité	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> Le Formulaire rempli apparaîtra ici </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <input type="button" value="Exportation du Formulaire vers MS Word"/> </div>
Estimation	
Soumission :	
Estimé	
Informations sur le projet	
Formulaire de soumission	
Planification	
Approvisionnements	
Réalisation	
Qualité	

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION de la Planification	
Faisabilité	Analyse de risque du projet - Choix des critères - Pondération
Estimation	
Soumission	
Planification :	
Estimé	Météo <input type="text" value="Intempéries"/> 30% Pénurie de main-d'oeuvre <input type="text" value="Peintres"/> 50% Rareté des matériaux <input type="text" value=""/> %
Analyse de risque du projet	<input type="button" value="Générer l'analyse de risques"/>
Échéancier	
Approvisionnements	Échéancier <input type="button" value="Générer la planification"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="button" value="Impression de l'échéancier"/> <input type="checkbox"/> <input type="button" value="Apporter des modifications à l'échéancier"/> <input type="checkbox"/>
Réalisation	
Qualité	

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION des Bons de commande	
Faisabilité	Fournisseurs
Estimation	Importation de la liste des fournisseurs <input type="button" value=""/>
Soumission	Générer une liste vierge <input checked="" type="button" value=""/>
Planification	Bons de commande
Approvisionnements	<input checked="" type="button" value="Générer les bons de commande"/>
Échéancier	<input type="button" value="Modifier les bons de commande"/>
Fournisseurs	<input type="button" value="Imprimer les bons de commande"/>
Bons de commande	
Réalisation	
Qualité	

LISTE DES FOURNISSEURS

[illegible]

BON DE COMMANDE

[Nom de votre société]

[Adresse]

[Code postal Ville]

Téléphone [(509) 555-0190] Télécopie [(509) 555-0191]

Le numéro suivant doit apparaître sur toute la correspondance annexe, les papiers de livraison et les factures :

NUMÉRO DE BON DE COMMANDE : [100]

A :

[Nom]

[Nom de la société]

[Adresse]

[Code postal Ville]

[Téléphone]

EXPÉDIER A :

[Nom]

[Nom de la société]

[Adresse]

[Code postal Ville]

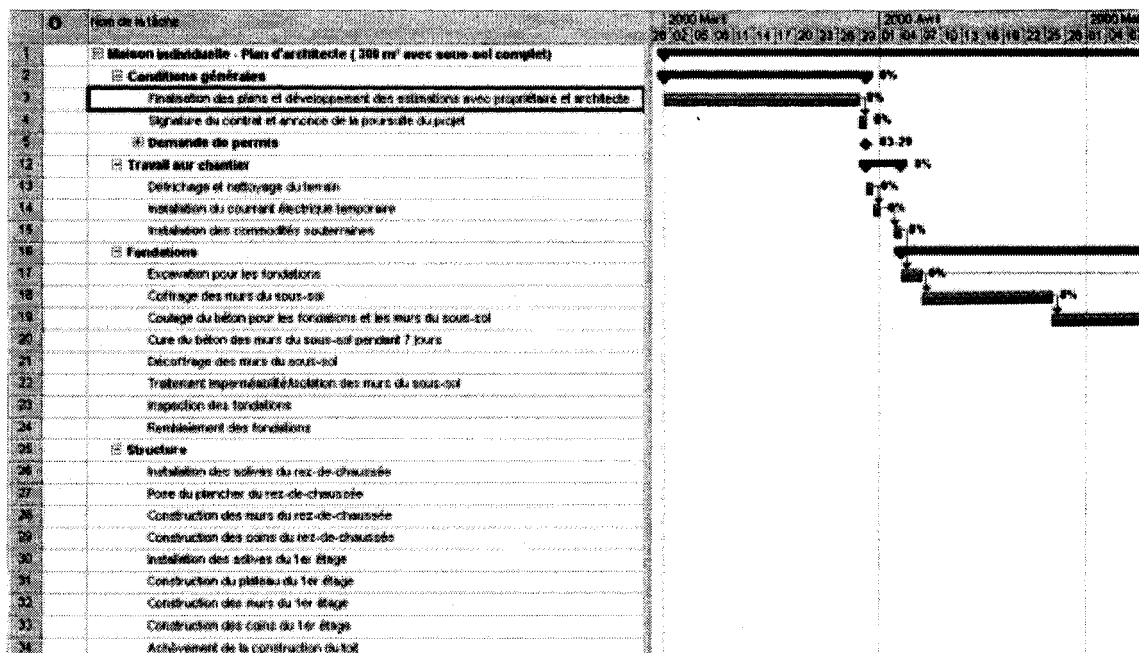
[Téléphone]

DATE DU BON DE COMMANDE :	DEMANDEUR	EXPÉDIÉ PAR	CONDITIONS

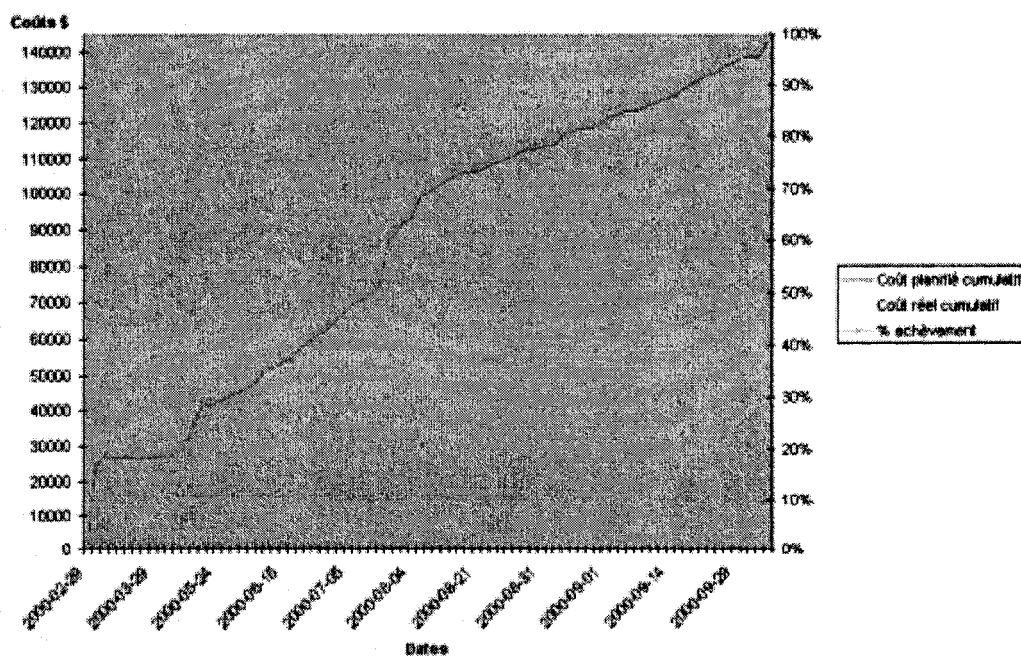
QTÉ	UNITÉ	DESCRIPTION	PRIX UNITAIRE	TOTAL
			SOUS-TOTAL	
			TPS	
			TVQ	
			TOTAL	

LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION des Rapports d'avancement

Faisabilité Estimation Soumission Planification Approvisionnement Réalisation : Échéancier Coupes-types Rapports d'avancement Flux monétaire Qualité	<div style="text-align: center;">Choisir les rapports</div> <div> Avancement du projet vs planifié <input type="checkbox"/> </div> <div> Coût budgétaire vs réel <input type="checkbox"/> </div> <div> Chemin critique <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Travaux des 2 prochaines semaines <input type="checkbox"/> </div> <div> Allocation des ressources <input type="checkbox"/> </div> <div style="text-align: center;">Flux Monétaire</div> <div> Générer le Flux Monétaire <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Impression du rapport du Flux Monétaire <input type="checkbox"/> </div>
---	--



Flux monétaire



LABORATOIRE VIRTUEL SIMULATION des Rapports qualité	
<div>Faisabilité</div> <div>Estimation</div> <div>Soumission</div> <div>Planification</div> <div>Approvisionnement</div> <div>Réalisation</div> <div>Qualité :</div> <div>Echéancier</div> <div>Plans et Devis</div> <div>Rapports qualité</div>	<div>Choisir les rapports</div> <div>Contrôle qualité des matériaux</div> <div>Contrôle qualité des dates de livraison</div> <div>Contrôle qualité de l'exécution des travaux</div> <div>Installé vs devis</div> <div></div> <div></div> <div><small>***Liste de choix: imprimer, exporter</small></div>

LABORATOIRE VIRTUEL Sauvegarde du projet/scénario	
<div>Nom du projet</div> <div>Nom du scénario</div>	<div>Exemple 12 janvier</div> <div>Exemple 12 janvier1</div>

BIBLIOGRAPHIE

- Al-Ghassani, A. M., Kamara, J. M., Anumba, C. J., and Carrillo, P. M. (2002). *A Tool for Developing Knowledge Management Strategies*, ITCon, 7, pp 69-82.
- Amghar, A. (2001). *Management de Projets Du savoir-faire au Savoir Faire Faire*, Ste-Agathe.
- Amor, R., Bess, M., Coetzee, G., and Sexton, M. (2002). *Information Technology for Construction: Recent Work and Futur Directions*, ITCon, 7, pp 245-258.
- Anido, L., Llamas, M., and Fernandez, M. J. (2000). *Labware for the Internet*, 8, pp 201-208.
- Anil Sawhney, H. B., Kenneth Walsh, Ajith Rao Mulky. *Agent-Based Modeling and Simulation in Construction, Simulation Conference*, pp 1541-1547.
- Association des constructeurs du Québec. *Étude de diversification des marchés pour les entreprises du secteur de la construction non-résidentielle du Québec*, Montréal.
- Banque de terminologie du Québec. *Environnement virtuel*. [En ligne]. <http://www.olf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/internet/fiches/2072193.html> (Page consultée en septembre 2006).
- Baptiste, E. (1985). *Direction d'entreprises de construction*, Mont-Royal.
- Boyd, C. Paulson, Jr. (1995). *Computer Applications in Construction*, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Boucher, A., Miresco, E. *Framework of a virtual laboratory for construction project management*, Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montréal, pp 3581-3586.
- Chang, D. Y.-M. (1986). *RESQUE: a Ressource based simulation system for construction process planning*, The University of Michigan, Ann Arbor.
- Chehayeb, N. N., Rizk, S. M. A., and Brown, S. S. (2000). *SimCon: the development and implementation of a simulation-based project control methodology*, Canadian Journal of Civil Engineering, 27, pp 349-363.

Chelaka, M., Abeyasinghe, L., Greenwood, D. J., and Johansen, D. E. (2001). *An efficient method for scheduling construction projects with resource constraints*, International Journal of Project Management, 19, pp 29-45.

Chua, D. K. H., and Li, G. M. (2002). *RISim: Resource-Interacted Simulation Modeling in Construction*, Journal of Construction Engineering and Management, 128(3), pp 195-202.

Clark, A. M., Atkin, B. L., Betts, M. P., and Smith, D. A. (1999). *Benchmarking the Use of IT to Support Supplier Management in Construction*, ITCon, 4, pp 1-16.

Davis, B. H. (1996). *Teacher of the Futur*, Journal of the American Society for Information Science, 47(11), pp 849-853.

Dictionnaire terminologique. *Logiciel libre*. [En ligne].
http://w3.granddictionnaire.com/BTML/FRA/r_Motclef/index1024_1.asp(Page consultée en 2005).

Dictionnaire terminologique. *Partition*. [En ligne].
http://w3.granddictionnaire.com/BTML/FRA/r_Motclef/index1024_1.asp(Page consultée le 15 septembre 2006).

Gervais, P. V. (1997). *CTN-595 Contrats et entreprises de construction*, Montréal.

Gilbert, P., Miresco, E., and Martineau, D. (1996). *CTN-416 et GCI-420 Planification et contrôle des projets de construction*, Montréal.

Greenbaum, J. (2005). *Content-Process Fusion: Collaborating for Project Efficiency and Effectiveness*, Enterprise Applications Consulting, Berkeley.

Halpin, D.W. (1977). *Cyclone - Method for modeling job site process*, J. Constr. Div., 103(3), pp. 489-499.

Halpin, D. W. (1990). *MicroCYCLONE user's manual*. Div. of Construction Engineering and Management, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Halpin, D. W., and Woodhead, R. W. (1970). *CONSTRUCTO: A Computerized Construction Management Game*, University of Illinois, Urbana.

Hampson, K., Walker, D. (2003). *Procurement Strategies A Relationship-based Approach*.

Hardin, J., Ziebarth, J. (2000). *Digital Technologies and its Impact on Education, The Futur of Networking Technologies for Learning*, University of Illinois, NCSA.

Harris, T., Leaven, T., Heidger, P., Kreiter, C., Duncan, J., and Dick, F. (2001). *Comparison of a Virtual Microscope Laboratory to a Regular Microscope Laboratory for Teaching Histology*, *The Anatomical Record*, 265, pp 10-14.

Huang, R.-Y., and Halpin, D. W. (1994). *Visual Construction Operations Simulation - The DISCO Approach*, *Journal of Microcomputers in Civil Engineering*, 9(1994), pp. 175-184.

Hosoya, K., Kato, Y., Kawanobe, A., Kakuta, S., and Fukuhara, Y. (1997). *A Collaborative Educational Environment Based on a Multi-user Virtual Space*, *System and Computer in Japan*, 28(8).

Ioannou, P. G. (1990). *UM-CYCLONE Discrete Event Simulation System Reference Manual*, Ann Arbor.

Isidore, L. J., and Back, W. E. (2002). *Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(3), pp 211-219.

Jaafari, A., Manivong, K. K., and Chaaya, M. (2001). *VIRCON: Interactive System for Teaching Construction Management*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(1), pp 66-75.

Journal du Net. *SAS pour Serial Attached SCSI*, [En ligne]. http://solutions.journaldunet.com/0506/050601_qr_serial_attached_scsi.shtml (Page consultée le 15 septembre 2006).

Le grand dictionnaire terminologique. *Collaboratoire*. [En ligne]. http://w3.granddictionnaire.com/BTML/FRA/r_Motclef/index1024_1.asp (Page consultée en 2005).

(1999), *Le Petit Larousse Illustré de l'an deux mille*, Paris, Larousse, 1785 p.

Liu, L.-Y. (1991). *COOPS - Construction object-oriented process simulation system*, The University of Michigan, Ann Arbor.

LOOP. (2003). *Laboratoire d'observation et d'optimisation des procédés*, Université Laval, Québec.

Love, T., and Tellefen, B. (2003). *Constituent market orientation and ownership of virtual marketplaces*, *Logistics Information Management*, 16(1), pp 8-17.

Martineau, Denis (1996). *CTN-416 et GCI-420 Planification et contrôle des projets de construction Notes de cours*, Département Génie de la construction, École de technologie supérieure, 410 pages.

Martinez, J. C. (1996). *Stroboscope - State and Resource Based Simulation of Construction Process*, University of Michigan, 518 p.

Mak, S. (2001). *A model of information management for construction using information technology*, *Automation in Construction*, 10, pp 257-263.

McCabe, AbouRizk and Shi. (1995). *Simulation in Alberta Construction Industry*. ASCE, Second Construction Congress.

Microsoft. *Pare-feu*. [En ligne].

<http://www.microsoft.com/france/entrepreneur/glossaire.msp?list=mr> (Page consultée le 15 septembre 2006).

Microsoft. *Système de fichiers NTFS*. [En ligne].

https://www.microsoft.com/windows2000/fr/advanced/help/default.asp?url=/windows2000/fr/advanced/help/choosing_between_NTFS_FAT_and_FAT32.htm (Page consultée le 15 septembre 2006).

Ministère du développement économique et régional et Recherche (2004). *Classification de la recherche universitaire*, Carte des compétences en recherche au Québec, p. 63.

Miresco, E. (1997). *CTN 516 Planification et contrôle des projets de construction II*, Montréal.

Miresco, E., and Pomerol, J.-C. (1995). *Un modèle de représentation graphique des connaissances pour la gestion de projets de construction*, *Revue internationale en gestion et management de projets*, pp 4-15.

MSDN. *Authentification intégrée Windows*, [En ligne]. <http://msdn.microsoft.com/library/fre/default.asp?url=/library/FRE/cpguide/html/cpconaspnetauthentication.asp> (Consulté en septembre 2006).

Ng, W. M., Khor, E. L., Tiong, L. K., and Lee, J. (1998). *Simulation Modeling and Management of Large Basement Construction Project*, *Journal of Computing in Civil Engineering*, pp 101-110.

Paradis, J. (1994). *Estimation*, Éditions Beauchemin Ltée, Laval.

Pena-Mora, F., and Dwevedi, G. H. (2002). *Multiple Device Collaborative and Real Time Analysis System for Project Management in Civil Engineering*, Journal of Computing in Civil Engineering, 16(1), pp. 23-38.

Preston, P., and McCrohan, K. (1998). *A Strategy for Extranet development for professional programs*, International Journal of Educational Management, 12(4), pp 154-162.

Project Management Institute (2000). *Guide du Référentiel des connaissances en gestion de projet (Guide PMBOK)*, Newtown Square.

Project Management Institute (2005). *Guide du Référentiel des connaissances en gestion de projet (Guide PMBOK)*, Newtown Square, 405 pages.

Rebolj, D., and Menzel, K. (2004). *Another Step Towards a Virtual University in Construction IT*, ITCon, 9, pp 257-266.

Rivard, H. (2000). *A Survey on the Impact of Information Technology on the Canadian Architecture, Engineering and Construction Industry*, ITCon, 5, pp 37-56.

Rivard, H., Froese, T., Waugh, L. M., El-Diraby, T., Mora, R., Torres, H., Gill, S. M., and O'Reilly, T. (2004). *Case Study on the Use of Information Technology in the Canadian Construction Industry*, ITCon, 9, pp 19-34.

Roberts, S. D. *Modeling and Simulation with INSIGHT*, Simulation Conference, pp 104-112.

Roberts, S. D., and Flanigan, M. A. (1990). *Simulation Modeling and Analysis with Insight: A Tutorial*, Simulation Conference, pp 80-88.

Rojas, E. M., and Mukherjee, A. (2005). *General-Purpose Situational Simulation Environment for Construction Education*, Journal of Construction Engineering and Management, 131(3), pp 319-329.

Sawhney, A., and AbouRizk, S. M. (1995). *HSM-Simulation-Based Planning Method for Construction Projects*, Journal of Construction Engineering and Management, 121(3), pp 297-303.

SCHL-CMHC. (1988). *Construction de maison à ossature de bois - Canada*, SCHL-CMHC.

Senior, B. A., and Halpin, D. W. (1998). *Simplified Simulation System for Construction Projects*, Journal of Construction Engineering and Management, 124(1), pp 72-81.

Shelbourn, M., Aouad, G., and Hoxley, M. (2001). *Multimedia in Construction Education: New Dimensions*, Automation in Construction, 10, pp 265-274.

Shi, J., and AbouRizk, S. M. (1997). *Resource-Based Modeling for Construction Simulation*, Journal of Construction Engineering and Management, 123(1), pp 26-33.

Shi, J. J. (1999). *Activity-Based Construction (ABC) Modeling and Simulation Method*, Journal of Construction Engineering and Management, 125(5), pp 354-360.

Sivakumar, S. C., and Robertson, W. (2004). *Developing an integrated Web engine for online Internetworking education: a case study*, Internet Research, 14(2), pp 175-192.

Statistiques Canada. *Prix des maisons neuves à la hausse*. Site Web de Statistiques Canada, [En ligne]. http://www41.statcan.ca/2162/ceb2162_003_f.htm (Page consultée le 9 août 2006).

Stukhart, G. (??). *Construction Materials Management*, K. K. Humphreys, ed., Marcel Dekker, New-York, pp 81-??

Thouin, P. (2004). *MGC 800 Faisabilité de projets*, Montréal.

Tommelein, I. D., Carr, R. I., and Odeh, A. M. (1994). *Knowledge-based Assembly of Simulation Networks Using Construction Designs, Plans and Methods*, Simulation Conference, pp 1145-1152.

Tout-savoir. *Cyberespace*. [En ligne]. <http://www.tout-savoir.net/lexique.php?rub=definition&code=1977> (Consulté en 2005).

Tout-savoir. *e-commerce*. [En ligne]. <http://www.tout-savoir.net/lexique.php?rub=definition&code=2490> (Page consultée en 2005).

Tout-savoir. *Réalité virtuelle*. [En ligne]. <http://www.tout-savoir.net/lexique.php?code=6260&rub=definition&go.x=48&go.y=6> (Page consultée le 15 septembre 2006).

Tout-savoir. *Temps réel*. [En ligne]. <http://www.tout-savoir.net/lexique.php?code=7416&rub=definition&go.x=46&go.y=4> (Page consultée en avril 2005).

Trépanier, G. (1995). *CTN-561 GCI-425 MGC-820 La Qualité dans la construction Gestion de la qualité en construction Gestion et assurance de la qualité en construction*, Montréal.

Wakefield, R. R., and Sears, G. A. (1997). *Petri Nets for Simulation and Modeling of Construction Systems*, Journal of Construction Engineering and Management, 123(2), pp 105-111.

Wikipédia. Site Web de Wikipedia, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Communaut%C3%A9_virtuelle (Page consultée en 2006)

Wikipédia. Site Web de Wikipedia, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Grappe_de_serveurs (Page consultée en septembre 2006).

World Trade Center Montréal. *Étude de diversification des marchés pour les entreprises du secteur de la construction non-résidentielle du Québec*, [En ligne]. <http://www.acq.org/site2/Prov/juridique/pdf/acqetudefev2005.pdf> (Page consultée en février 2006).

Yates, A. (1991). *Procurement and Construction Management*, The First National RICS Research Conference, pp 219-235.

Zarli, A., and Richaud, O. (1999). *Requirements and Technology Integration for IT-Based Business-Oriented Frameworks in Building and Construction*, ITCon, 4, pp 53-74.

Zayed, T. M., and Halpin, D. W. *Simulation as a tool for resource management*, Simulation Conference, pp 1897-1906.

Zayed, T. M., and Halpin, D. W. (2004). *Simulation as a Tool for Pile Productivity Assessment*, Journal of Construction Engineering and Management, 130(3), pp 394-404.